

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Олександр РОЛІК

«\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи управління»  
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
на тему: «Система керування ліфтом»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ІА-61

Марюхін Максим Олексійович

\_\_\_\_\_

Керівник:

Перший заступник завідувача кафедри АУТС, к.т.н., доцент

Новацький Анатолій Олександрович

\_\_\_\_\_

Рецензент:

К.т.н., доцент

Ткач Михайло Мартинович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**  
**Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані системи управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Олександр РОЛІК

«\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Марюхін Максим Олексійович**

1. Тема проєкту «Система керування ліфтом», керівник проєкту Новацький Анатолій Олександрович перший заступник завідувача кафедри АУТС, к.т.н. затверджені наказом по університету від «7» травня 2020 р. №1081-с
2. Термін подання студентом проєкту 09.06.2020
3. Вихідні дані до проєкту Датчик положення, датчик швидкості, датчик ваги, датчик освітлення, датчик перегріву, датчик диму, інтерфейс RS-485, датчик точної зупинки
4. Зміст пояснювальної записки Вступ. 1 Аналіз існуючих рішень. 2 Вибір та обґрунтування окремих вузлів. 3 Розробка та опис функціональних схем. 4 Розрахунки, що підтверджують працездатність системи керування ліфтом. 5 Розробка та опис принципової схеми. 6 Розробка та опис схеми алгоритму роботи. 7 Моделювання мікроконтролера керування приводом ліфта. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Функціональна схема системи керування ліфтом, 2. Функціональна схема підсистеми керування

поверхом, 3. Функціональна схема підсистеми керування кабіною ліфта, 4. Принципова схема підсистеми керування кабіною ліфта, 5. Схема алгоритму роботи підсистеми керування кабіною ліфта.

6. Дата видачі завдання 07.03.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Обґрунтування вибору теми	07.03.2020-14.03.2020	
2	Аналіз існуючих рішень	15.03.2020-22.03.2020	
3	Вибір та обґрунтування окремих вузлів	23.03.2020-29.03.2020	
4	Розробка та опис функціональних схем	30.03.2020-05.04.2020	
5	Проведення необхідних розрахунків	06.04.2020-19.04.2020	
6	Розробка та опис принципової схеми	20.04.2020-03.05.2020	
7	Розробка та опис схеми алгоритму роботи	04.05.2020-17.05.2020	
8	Моделювання у Proteus	18.05.2020-24.05.2020	
9	Оформлення дипломного проєкту	25.05.2020-31.05.2020	

Студент

Марюхін Максим

Керівник

Анатолій Новацький

## АНОТАЦІЯ

Марюхін М.О. Система керування ліфтом. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020.

Проект містить 64 с. тексту, 30 рисунків, 6 таблиць, посилання на 18 літературних джерел, додатки та 5 конструкторських документів.

Ключові слова: ліфт, система керування, інтерфейс RS-485, мікроконтролер, двигун постійного струму, лінія зв'язку, підсистема, широтно-імпульсний модулятор, шифратор, датчик.

Об'єктом розробки є система керування ліфтом.

Мета розробки – вдосконалення системи керування ліфтом на основі інтерфейсу RS-485.

У дипломному проєкті розроблено систему керування ліфтом, а саме: підсистема керування приводом ліфта, підсистема керування поверхом та підсистема керування кабіною ліфта. Були обрані окремі вузли системи, а саме: датчики, мікроконтролер, шифратор та інші. Були розроблені функціональні схеми усіх підсистем та принципова схема підсистеми керування кабіною ліфта. Було змодельовано підсистему керування приводом ліфта у програмному додатку Proteus. Значну увагу було приділено розробці алгоритму роботи між всіма мікроконтролерами системи за допомогою інтерфейсу RS-485 та інтервально-маркерного методу передачі інформації.

Отримані результати можуть бути корисними при розробці систем керування, що базуються на застосуванні мікроконтролерів.

## SUMMARY

Mariukhin M.O. Elevator control system. Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2020.

The project contains 64 pages. text, 30 figures, 6 tables, links to 18 literary sources, annexes and 5 design documents.

Keywords: elevator, control system, RS-485 interface, microcontroller, DC motor, communication line, subsystem, pulse-width modulator, encoder, sensor.

The object of development is an elevator control system.

The purpose of the development is to improve the elevator control system based on the RS-485 interface.

The graduation project developed the elevator control system, namely: the elevator drive control subsystem, the floor control subsystem and the elevator car control subsystem. Individual nodes of the system were selected, namely: sensors, microcontroller, encoder and others. Functional diagrams of all subsystems and a schematic diagram of the elevator car control subsystem were developed. The elevator drive control subsystem in the Proteus software application was modeled. Considerable attention was paid to the development of an algorithm between all microcontrollers of the system using the RS-485 interface and the interval-marker method of information transmission.

The obtained results can be useful in the development of control systems based on the use of microcontrollers.

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему: «Система керування ліфтом»**

Київ – 2020 року

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	4
ВСТУП .....	5
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ .....	6
1.1 Історія розвитку ліфтової індустрії .....	6
1.2 Визначення та призначення.....	8
1.3 Класифікація ліфтів.....	10
1.4 Електричний ліфт .....	13
1.5 Гідравлічний ліфт.....	14
1.6 Вибір типу ліфта.....	16
2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ .....	17
2.1 Мікроконтролер.....	17
2.2 Датчик положення .....	20
2.3 Датчик швидкості .....	23
2.4 Датчик ваги .....	25
2.5 Датчик диму .....	26
2.6 Головний привод .....	27
2.7 Інтерфейс RS-485 .....	29
2.8 Аналого-цифровий перетворювач .....	32
2.9 Універсальний асинхронний приймач-передавач.....	34
2.10 Шифратор.....	37
3 РОЗРОБКА ТА ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ .....	40
3.1 Функціональна схема системи .....	40
3.2 Функціональна схема керування поверхом .....	41
3.3 Функціональна схема керування кабіною ліфта .....	42

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.	Марюхін М.О							
Перевір.	Новацький А.О.							
Н.контр.	Шинкевич М.К							
Затвер.								
					Літера	Аркуш	Аркушів	
					Т		2	64

4	РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІФТОМ.....	43
4.1	Розрахунок аналого-цифрового перетворювача .....	43
4.2	Розрахунок таймера мікроконтролера.....	45
4.3	Розрахунок швидкості передачі інформації та тривалості одного біта .....	46
4.4	Розрахунок нормуючих перетворювачів .....	47
5	РОЗРОБКА ТА ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	48
6	РОЗРОБКА ТА ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ.....	51
7	МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ЛІФТА .....	55
7.1	Опис середовища моделювання.....	55
7.2	Результати моделювання .....	56
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналогово цифровий перетворювач;  
АЛП – арифметико-логічний пристрій;  
ВС – вузол скидання;  
ВЕ – виконавчі елементи;  
ДВ – датчик ваги;  
ДД – датчик диму;  
ДОН – джерело опорної напруги;  
ДЖ – джерело живлення;  
ДП – датчик положення;  
ДПС – двигун постійного струму;  
ДТЗ – датчик точної зупинки;  
ДШ – датчик швидкості;  
ДШІМ – драйвер широтно-імпульсного модулятора;  
КМОН – комплементарний метал-оксид-напівпровідник;  
КР – кварцовий резонатор;  
МК – мікроконтролер;  
МШІМ – модуль широтно-імпульсного модулятора;  
НП – нормуючий перетворювач;  
ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;  
ОШ – обмежувач швидкості;  
ПВЗ – пристрій вибірки-зберігання;  
ППР – пристрій перетворення рівнів;  
УАПП – універсальний асинхронний приймач-передавач;  
ФНЧ – фільтр низьких частот;  
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;  
ШІМ – широтно-імпульсний модулятор;

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У наш час вертикальне переміщення між поверхами будинків є однією з найбільш затребуваних зручностей. Адже, якщо будинок має малу кількість поверхів, то ліфт не має того значення, як у будинках з великою кількістю поверхів. У сучасному світі з тими технологіями будівництва, які дозволяють будувати будівлі, що мають сто поверхів і більше, ліфт має стратегічне та економічне значення. При відмові функціонування ліфта наносяться великі економічні збитки, що мають не пряму дію.

Важко переоцінити користь, яку відчуло людство, після впровадження такого роду систем у повсякденне життя. Основні вимоги, що пред'являються до пасажирських ліфтів це безпека, надійність, плавність розгону, плавність руху і гальмування, точність зупинки кабіни, а також робота ліфта не повинна супроводжуватися високим рівнем шуму. Жоден сучасний житловий будинок не обходиться без ліфтового обладнання, а в громадських закладах цей механізм виглядає настільки природно, що частіше викликає подив відсутність ліфта, ніж його присутність.

Система керування ліфтом, повинна задовольняти критеріям комфортабельності пересування, безпеки та енергетичної ефективності. Система повинна приділяти увагу роботі у надзвичайних ситуаціях таких як: виникнення пожежі, сейсмічної активності, також система повинна буди безпечною та мати захист на всіх рівнях.

Ця тема є актуальною тому, що вона присвячена системі керування ліфтом за допомогою мікропроцесорної системи та інтерфейсу RS-485 для якої я обрав відповідний мікроконтролер і відповідні мікросхеми.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

## 1.1 Історія розвитку ліфтової індустрії

Принцип роботи ліфтів вже досить давно відомий людству. Вважається, що першовідкривачем підйомного механізму ще в IV столітті був Архімед. Це доводять знайдені при археологічних розкопках залишки прообразів сучасних ліфтів.

На початку цей винахід використовували для підняття будівельних матеріалів і конструкцій при зведенні високих будівель або підйому корисних копалин з глибин шахт [1]. Ця конструкція позитивно впливала на продуктивність роботи, полегшуючи важку працю рабів. За допомогою підйомних пристроїв доставляли штурмуючих воїнів на стіни фортеці під час облоги. Приклад такої конструкції зображений на рисунку 1.1 [1].

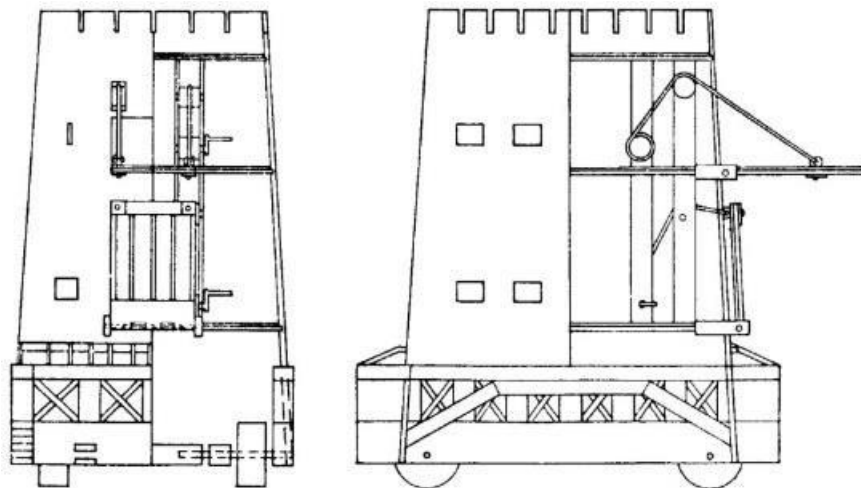


Рисунок 1.1 – Підйомний механізм доставки воїнів

Вважається, що перший ліфт був встановлений в 1743 році в палаці французького короля Людовика XV у Версалі, щоб тридцятирічний король міг, не напружуючись, підніматися в апартаменти своєї коханки, розташованої поверхом вище. Втім, в старовинних джерелах є згадки і про більш ранніх пасажирських підйомних машинах - в Синайському монастирі (Єгипет, VI століття н.е.) і навіть в Стародавньому Римі (I століття до н. Е.).

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Всі ці підйомники використовували фізичну силу рабів або слуг, рідше - тяглого худоби. Незабаром після винаходу парової машини її пристосували і до підйомника [1].

Ключовим елементом сучасного ліфта вважається автоматичний уловлювачі - пристрій, що зупиняє ліфт у разі обриву троса. Його винайшов американець Елайша Грейвс Отіс (1811 - 1861). Саме у Нью-Йорку в 1852 році його попросили сконструювати підйомник для доставки дощок на другий поверх [1].

Коли почалося будівництво хмарочосів, самого Отіса вже не було в живих. У перших хмарочосах частіше застосовували гідравлічні ліфти без каната: поршень, що ходить в довгому циліндрі, під напором води виштовхував кабінку вгору. Така система застосовувалася в будинках не вище 20 поверхів - аж надто глибоку шахту для циліндра доводилося викопувати під фундаментом: такої ж глибини, яку висоту мав будинок. Гідравлічний ліфт був винайдений Вільямом Томсоном у Франції і вперше показаний на Всесвітній виставці в Парижі в 1867 році. Пізніше його встановили на Ейфелевій вежі [1]. Перший електричний ліфт фірми "Отіс" зображений на рисунку 1.2 [1].

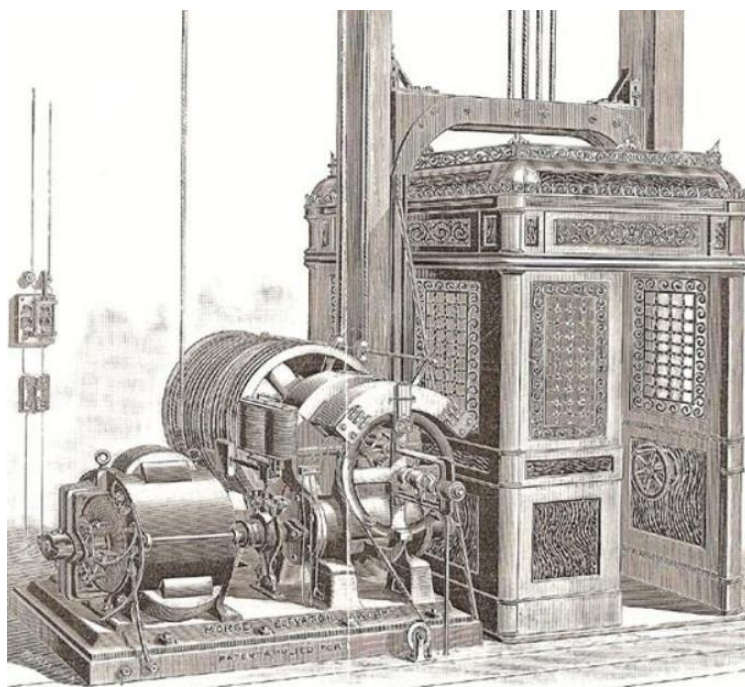


Рисунок 1.2 – Перший електричний ліфт фірми "Отіс"[1]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Перший електричний пасажирський ліфт був виготовлений німецькою фірмою "Сіменс і Гальске" в 1880 році. Він піднімався на висоту 22 метри за 11 секунд. Перший електричний ліфт фірми "Отіс" був змонтований в одному з нью-йоркських хмарочосів в 1889 році. Відтепер проблема підйому більше не стримувала зростання будівель вгору. Найвищий хмарочос США ( "Сірс Тауер" в Чикаго) має 106 ліфтів, 16 з яких - двоповерхові, тобто приймають і висаджують пасажирів відразу з двох поверхів. Два експрес-ліфта для відвідувачів оглядового майданчика на даху долають 412 метрів за хвилину і кілька секунд [1].

Загалом, в історії досить багато згадок про ліфти. Наприклад, у творах відомих письменників-фантастів дев'ятого сторіччя Жюль Верна та Герберта Уеллса є посилання на пристрій для вертикального руху. У творі «З Землі на Місяць» Жюль Верна висувається теорія про побудову так званого «космічного» ліфта із Землі на Місяць. У творі Герберта Уеллса «Коли сплячий прокинеться» присутня згадка про вищезгаданий пристрій.

## 1.2 Визначення та призначення

Ліфтом називають технічний засіб, який являє собою спеціальну кабінку призначену для вертикального переміщення людей, що рухається по твердих прямолінійних напрямних, у яких кут нахилу до вертикалі не більше 15 градусів. Ліфт складається з механізму (електродвигун будь-якого типу), який рухає кабінку ліфта у якій знаходяться пасажирів та вантаж. Кабіна ліфта прикріплюється до контррейки усередині високого порожнього простору, який називається ліфтовою шахтою. Переміщення відбувається за допомогою сталевих тросів, що прикріплені до великого вантажу, який служить противагою для ліфта. Трос піднімається і опускається за допомогою електромотора. У міру того як кабіна ліфта рухається з поверху на поверх, змінюється її положення і вага. При зупинці

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

кабіни її двері відкриваються, впускаючи або випускаючи пасажирів. Частіше за все застосовуються канатні електричні ліфти. Швидкість руху кабін сучасних пасажирських ліфтів понад 8–10 м/с, вантажопідйомність 3000–4000 кг, висота підйому 200–300 м, місткість 40 і більше пасажирів [2].

Лідируючу роль в розвитку ліфтової галузі відіграють фірми Отіс, Тіссен, Шиндлер, Коне і ін. Багато фірм, включаючи закордонні, успішно займаються модернізацією існуючого ліфтового обладнання. Обсяг робіт по модернізації в ряді випадків істотно перевищує обсяг продажів нових ліфтів.

Розвитку вітчизняної техніки виробництва підйомних машин передумовила глибока розробка теоретичних основ їх роботи. Най- більшої уваги у цій галузі заслуговують роботи академіка М. М. Федорова, професорів В. В. Уманського, Ф. Н. Шклярського, Г. М. Єланчика, А. П. Германа, Б. П. Давидова [2].

Будівництво в нашій країні висотних будинків привело до створення не тільки нових видів ліфтів, але і відповідної теорії ліфтобудування. У цій сфері слід відзначити теоретичні роботи Л. Д. Удода, Г. К. Корнієва, професора І. І. Івашкова та інших [2].

В економічно більш благополучних країнах Європи, Америки і Південно-східної Азії поки склалася сприятлива обстановка для подальшого прогресу в області ліфтобудування. Велика увага приділяється питанням економії корисного об'єму будівель при розміщенні ліфтового обладнання. Особливо гостро ця проблема стоїть для висотних будівель баштового типу з відносно невеликими розмірами в плані. На американському континенті і в Південно-східній Азії проблему успішно вирішили за рахунок розміщення швидкісних ліфтів в вертикальних поглибленнях зовнішніх стін будівлі. При цьому частка корисного об'єму висотних будівель збільшується на 20 - 30%. Архітектоніка висотних

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

будівель стала органічно поєднуватися з вирішенням завдань вертикального транспорту і розробкою дизайну кабін ліфтів [3]. Класифікація ліфтів відбувається по різноманітним показникам.

### 1.3 Класифікація ліфтів

Ліфти поділяють таким чином [2]:

- за видом установаження:
  - стаціонарні;
  - пересувні.
- за характером вантажів:
  - пасажирські – для перевезення людей. Також допускається перевезення вантажів, якщо загальна маса пасажирів з вантажем не перевищить вантажопідйомності ліфта;
  - вантажопасажирські – для транспортування людей і вантажів. Має збільшену площу підлоги і розмір дверей;
  - вантажні – для перевезення вантажів з супроводжуючим персоналом (як правило, провідником) і тільки вантажів, перевезення людей заборонене регламентом.
- за місцем використання: на ліфти, які використовуються у житлових, адміністративних та інших приміщеннях, у фабрично-заводських будівлях, метрополітенах тощо.
- за родом приводу:
  - ручні;
  - парові;
  - гідравлічні;
  - пневматичні;
  - електричні.
- за способом з'єднання вантажонесучих пристроїв з приводом:

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- канатні;
- ланцюгові;
- гвинтові;
- рейкові;
- плунжерні.
- за характером роботи:
  - машини циклічної дії;
  - машини безперервної (безупинної) дії.
- за типом лебідки:
  - машини з барабанною лебідкою;
  - машини з фрикційною лебідкою.
- за місцем установлення ліфти поділяють на такі, які встановлені:
  - усередині;
  - поза будинками;
  - вільно розташовані;
  - з'єднані з будинками перехідними містками.
- за місцем розташування приводу розрізняють ліфти:
  - з верхнім розташуванням;
  - з нижнім розташуванням.
- залежно від швидкості руху кабіни ліфти поділяють на:
  - нормальні ( $V \geq 1,4$  м/с);
  - швидкісні ( $V < 2$  м/с).
- за умовами експлуатації ліфти поділяють на:
  - звичайні;
  - працюючі у специфічних умовах (за високих і низьких температур, у вибухонебезпечних чи радіоактивних середовищах та ін.).
- за конструкцією каркаса кабіни вантажні ліфти розрізняють на:
  - однокаркасні (з розмірами підлоги до 7,34 м);

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



– двокарасні (до 9,36 м).

На рисунку 1.3 зображена загальна схема ліфта [2].

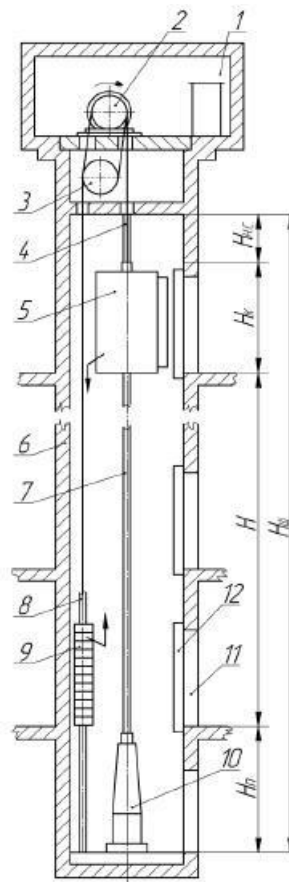


Рисунок. 1.3 – Загальна схема ліфта [2]

Опис вузлів схеми: 1 – машинне приміщення; 2 – лебідка; 3 – контрблок; 4 – вантажні канати; 5 – кабіна; 6 – шахта; 7 – напрямні кабіни (дві); 8 – напрямні противаги (дві); 9 – противага; 10 – буфер кабіни; 11 – дверний проріз шахти; 12 – двері шахти.

Підйом кабіни здійснюється за допомогою кнопкової панелі, встановленої в кабіні і з'єднаної гнучким дротом через клемову коробку в шахті з панеллю керування в машинному приміщенні [2].

При наближенні до потрібного поверху двигун відключається, замикається гальмо лебідки, включається привід автоматичного відчинення дверей кабіни і шахти. В аварійних ситуаціях (наприклад, при обриві й

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ослабленні вантажних канатів) спрацьовують установлені на кабіні (іноді і на противазі) уловлювачі, що утримують кабіну від падіння [2].

Розглянемо два типи найпоширеніших ліфтів, а саме електричний та гідравлічний (з електричним та гідравлічним приводом відповідно).

#### 1.4 Електричний ліфт

При використанні електричного приводу кабіна ліфта врівноважується противагою, вага якого відповідає вазі кабіни плюс половина номінальної вантажопідйомності. Таким чином для переміщення кабіни досить невеликої потужності. Електродвигун з лебідкою розташовується як правило над ліфтової шахтою в технічному поверсі або в надбудові. Управління мотором здійснюється за допомогою реле, а в більш сучасних моделях використовуються також мікропроцесори [3].

Основними технічними параметрами ліфта є: вантажопідйомність, швидкість руху і висота підйому кабіни. Вантажопідйомність ліфта необхідно визначати масою найбільшого розрахункового вантажу без урахування маси кабіни і постійно розташованих в ній пристроїв. Номінальна швидкість кабіни є швидкістю усталеного руху кабіни в нормальних умовах експлуатації. Її значення вибирають наступного ряду: 0,25; 0,5; 0,71; 1; 1,4; 1,6; 2; 2,8; 4; 5,6; 7; 8 м / с. Зупиночна швидкість - швидкість, за якої включається механізм забезпечення необхідної точності зупинки. Ревізійна швидкість - швидкість, за якої обслуговуючий персонал оглядає обладнання шахти ліфта з даху рухається кабіни [3]. Положення вузлів пасажирського електричного ліфта зображена на рисунку 1.4 [3].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

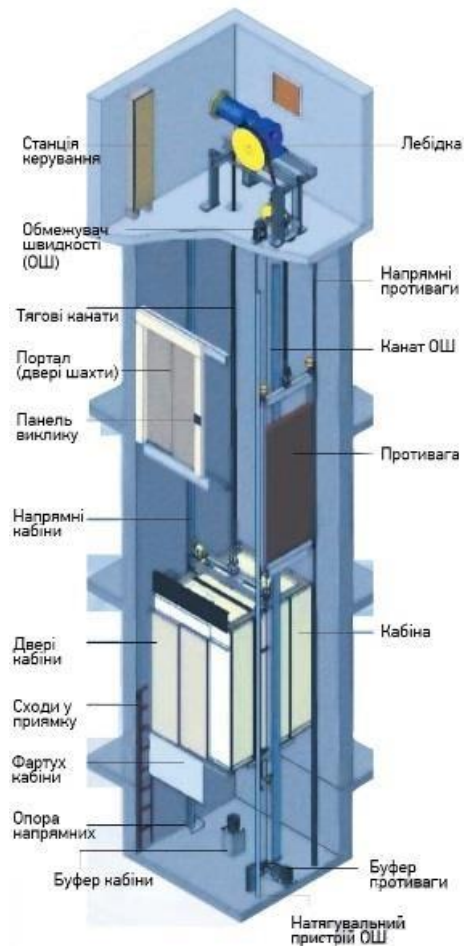


Рисунок. 1.4 – Положення вузлів пасажирського електричного ліфта [3]

### 1.5 Гідравлічний ліфт

Основу конструкції гідравлічних ліфтів і вантажних платформ становить механізм підйому на основі гідроциліндра, який діє на грузонесущий орган безпосередньо, через канатний або ланцюгової мультиплікатор, через систему важеля, що забезпечує компактність конструкції і збільшення висоти підйому вантажної платформи [4].

Гідравлічний ліфт приводиться в рух з допомогою гідравлічного домкрата і рухомого поршня усередині циліндра під кабіною. У свою чергу циліндр пов'язаний з гідравлічною системою, нагнітаючої спеціальне гідравлічне масло. Вона складається з трьох частин: об'ємного резервуара з

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

гідравлічним маслом, насоса, що живиться від електромотора, і клапанного розподільного пристрою між циліндром і резервуаром [4].

Потужний насос перекачує масло з бака в високий вертикальний гідроциліндр, встановлений у шахті. Поршень у циліндрі під тиском масла приводиться в рух і передає енергію кабіні ліфта за допомогою системи блоків і тросів [4].

Якщо клапан між циліндром і баком закритий, гідравлічне масло закачується насосом в циліндр, піднімаючи кабіну вгору. Коли ліфт досягає потрібного поверху, контрольна система посилає на електромотор сигнал на поступове вимикання насоса. Він перестає працювати, нове гідравлічне масло не надходить у циліндр, а вже яке закачане залишається в ньому через закритого зворотного клапана. Кабіна плавно зупиняється. Поки поршень перебуває в стані спокою, кабіна ліфта стоїть на місці [4].

Для того, щоб розпочати рух ліфта вниз, система відкриває зворотний клапан між циліндром і резервуаром з рідиною. Під дією сил тяжіння відбувається спуск кабіни, яка забезпечує злив масла назад в бак. Таким чином натиск масла потрібен лише для підняття кабіни, а вона спускається під власною вагою. Для зупинки кабіни клапан знову закривається.

Гідравлічним приводом оснащуються в основному ліфти для малоповерхових будівель, так як їх швидкість та висота підйому обмежена. Як правило, гідравлічні ліфти не використовують в будинках вище 8 поверхів. Однак такі підйомні машини мають ряд істотних переваг, а саме: плавність ходу, висока вантажопідйомність, безшумність, простота компонування і довговічність [4].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 1.6 Вибір типу ліфта

В ході огляду існуючих рішень був обраний пасажирський ліфт з електричним приводом (електричний ліфт) з двигуном постійного струму в якості привода ліфта. Дана система буде використовуватись у дванадцятиповерховому житловому будинку із нормальною швидкістю руху кабіни ( $\geq 1,4$  м/с). Для більшої ефективності роботи у всіх вузлах системи буде використовуватися мікропроцесор фірми Atmel та інтерфейс RS-485 для диференціальної передачі даних між контролерами.

Також, у системі будуть застосовуватись датчики для виміру швидкості руху кабіни, ваги кабіни, температури двигуна, задимленості у кабіні, положення ліфта у шахті та інше. Серед усіх наявних датчиків будуть обрані найоптимальніші, ті, що найбільше задовольняють потребам розробляємої системи керування.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

### 2.1 Мікроконтролер

У ході аналізу наявних варіантів був обраний мікроконтролер фірми «Atmel» сімейства Mega – ATmega128. Мікроконтролери сімейства Mega є 8-бітними мікроконтролерами, призначеними для використання у вбудованих системах. Вони є одними з найбільш розвинених представників мікроконтролерів Atmel AVR загального застосування.

До важливих особливостей сімейства Mega можна віднести [5]:

- наявність FLASH-пам'яті програм об'ємом від 8 Кбайт до 8Мбайт (число циклів очищення/запису не менше 10 000);
- наявність оперативної пам'яті (статичного ОЗП) об'ємом від 512 байт до 8Кбайт;
- наявність енергонезалежної пам'яті даних на основі ЕСППЗП (EEPROM) об'ємом від 256 байт до 4Кбайт (число циклів очищення/запису не менше 100 000);
- можливість захисту від читання і модифікації пам'яті програм і даних;
- можливість програмування безпосередньо в системі через послідовні інтерфейси SPI і JTAG;
- можливість самопрограмування;
- можливість внутрішньосхемного відлагодження відповідно до стандарту IEEE 1149.1 (JTAG), а також наявність власного однопровідного інтерфейсу внутрішньосхемного відлагодження debugWire (останнє не у всіх моделях);
- різноманітні способи синхронізації: вбудований RC-генератор з внутрішньою чи зовнішньою часозадаючою RC-ланкою, вбудований генератор із зовнішнім кварцовим або п'єзокерамічним резонатором, сигнал синхронізації від зовнішнього генератора;
- наявність декількох режимів пониженого енергоспоживання;

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- наявність детектора пониження напруги живлення (Brown-Out Detector – BOD);
- можливість програмного зниження частоти тактового генератора (не у всіх моделях);
- наявність значної кількості програмованих периферійних модулів: таймерів, паралельних та послідовних інтерфейсів, АЦП, ЦАП, CAN, аналогових компараторів і т. ін.

Позначення виводів АТmega128 представлений на рисунку 2.1 [5].

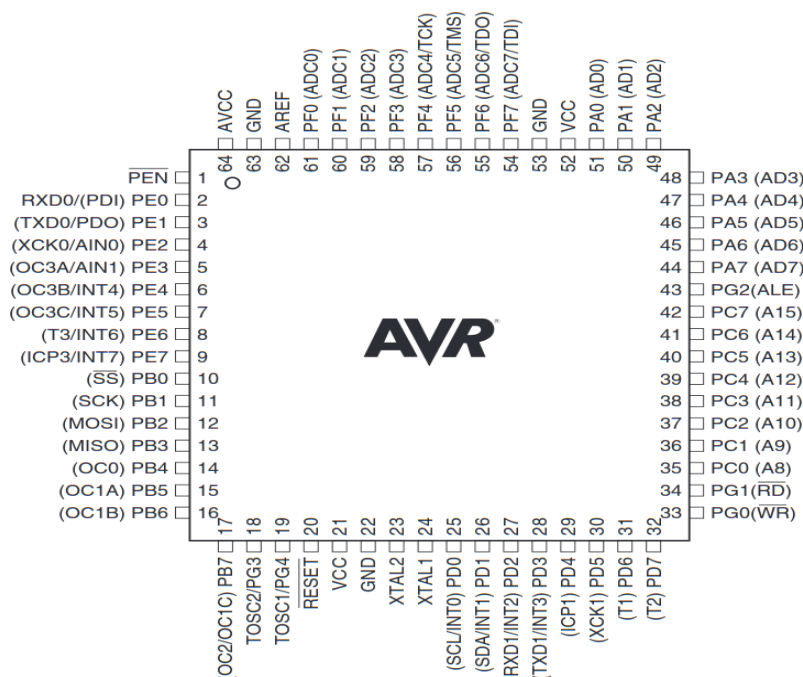


Рисунок 2.1 – Позначення виводів АТmega128 [5]

АТmega128 – 8-розрядний малопотужний КМОН-мікроконтролер, який має розширену AVR RISC-архітектуру [5]. Швидкодія МК досягає 1 мільйона операцій в секунду, оскільки більшість команд виконується за один машинний такт.

Даний мікроконтролер складається з наступних елементів: 131 основна команда, більшість з яких виконується за один машинний такт, 32 універсальних робочих регістра, лічильник реального часу (RTC), 128 кбайт системно програмованої флеш-пам'яті з підтримкою читання під час запису, 4096 байт EEPROM-пам'яті даних, 4 кбайт статичного ОЗП, 64

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

виводи типу вхід-вихід, чотири гнучкі таймера-лічильники з режимами порівняння і стільки ж ШІМ генераторів, 2 УСАПП, двопровідний послідовний інтерфейс орієнтований на передачу байт, 8-канальний 10-розрядний АЦП і синхронні послідовні SPI- та I<sup>2</sup>C-інтерфейси.

Ядро AVR-мікроконтролерів сімейства Mega виконано за вдосконаленою RISC-архітектурою (enhanced RISC), в якій використовується ряд рішень, спрямованих на підвищення швидкодії мікроконтролерів [5]. Архітектура ядра ATmega128 зображена на рисунку 2.2 [5].

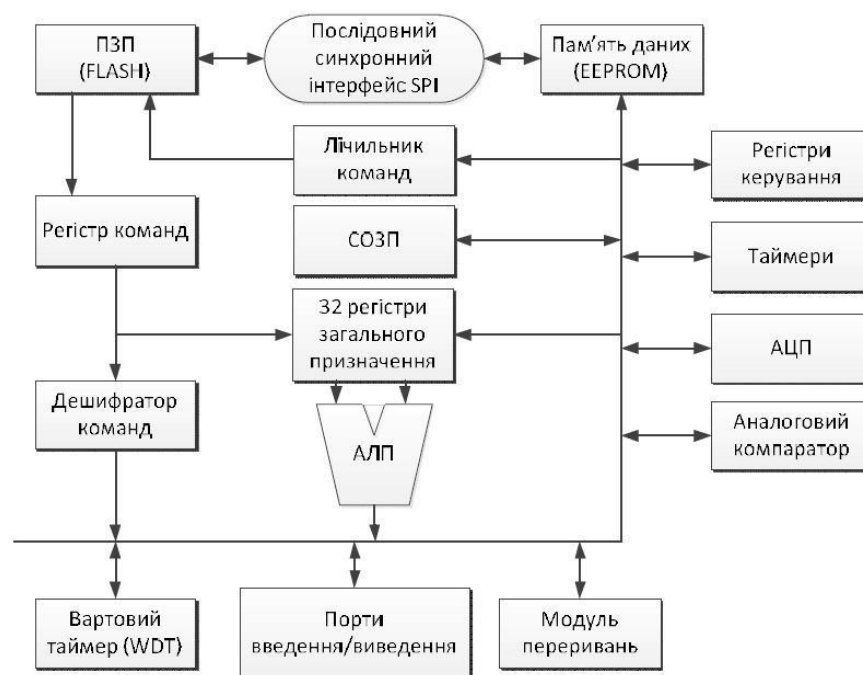


Рисунок 2.2 – Архітектура ядра ATmega128[5]

Арифметико-логічний пристрій, що виконує усі обчислення, підключений безпосередньо до 32 робочих регістрів, що об'єднані в єдиний регістровий файл. Завдяки цьому, АЛП може виконувати одну операцію (читання вмісту регістрів, виконання операції і запис результату назад у регістровий файл) за один такт. Крім того, практично кожна з команд (за винятком команд, у яких одним з операндів є 16-бітна адреса) займає одну комірку пам'яті програм. У даних мікроконтролерах реалізована Гарвардська архітектура, що характеризується розділенням пам'яті програм

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



і даних, кожна з яких має власні шини доступу. Така організація дозволяє одночасно працювати як з пам'яттю програм, так і з пам'яттю даних. Поділ інформаційних шин дозволяє використовувати для кожного типу пам'яті шини різної розрядності, причому способи адресації і доступу до кожного типу пам'яті також різняться. У поєднанні з дводорівнюєвим конвеєром команд така архітектура дозволяє досягти продуктивності в 1 MIPS на кожен МГц тактової частоти [6].

Вибір саме цього типу мікроконтролера був обумовлений зручністю роботи з ним. ATmega128 підтримується повним набором програмних і апаратних засобів для проектування, але мною був обраний програмний засіб Atmel Studio який відрізняється дуже зручним інтерфейсом користувача, що дозволяє розроблювати програмний код набагато швидше. Також сімейство Mega має велику кількість входів та виходів, що дозволить без зайвих проблем приймати сигнали з великої кількості датчиків водночас, а також під'єднуватися до інших мікроконтролерів наявних у системі.

## 2.2 Датчик положення

В якості датчика положення буде використовуватися датчик ДП-1М, що був вироблений ЗАО «Комплекс». Він призначений для визначення положення кабіни ліфта в шахті по шунтам та для видачі у мікроконтролер сигналів: точна зупинка, блокування уповільнення, та двоїчний код поверху D1...D5.

Даний датчик представляє собою оптоелектронний прилад з металічним корпусом, який має форму літери «П». Зовнішній вигляд датчика, взятий з технічної документації до пристрою, зображений на рисунку 2.3 [7].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд датчика ДП-1М [7]

Принцип дії цього ДП заснований на тому, що положення світлодіода та фотодіода у датчику забезпечує переривання світлового потоку шунтами, які розташовані на поверххах у шахті ліфта, під час руху кабіни ліфта. Сам датчик, проходячи через шунти, формує інформаційні сигнали та передає їх на мікроконтролер кабіни ліфта, який в свою чергу реагує на них. Таким чином, за допомогою шунтів відбувається розпізнавання поверхху [7].

Датчик передає такі формуючі сигнали [7]: «ДТЗ» – точна зупинка, формується після 50-70 мс після наїзду на шунт зупинки, «БУ» – блокування уповільнення, формується після 50-70 мс після проходження другого перфорованого шунта. Використовується для уповільнення кабіни ліфта, D1...D5 – двоїчний код поверхху, формується одночасно з «БЗ» після проходження другого перфорованого шунта. У даному випадку оскільки поверххів 12 нам не потрібно використовувати сигнал D5, отже, його можна ізолювати. Відповідність коду даних номеру зупинки (поверхху) наведено в

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

таблиці 2.1 [7]. Технічні характеристики даного датчика наведені у таблиці 2.2 [7].

Таблиця 2.1 – Таблиця відповідності коду даних номеру зупинки  
(поверху) [7]

	Інформаційні сигнали			
	D1	D2	D3	D4
1	0	1	1	1
2	1	0	1	1
3	0	0	1	1
4	1	1	0	1
5	0	1	0	1
6	1	0	0	1
7	0	0	0	1
8	1	1	1	0
9	0	1	1	0
10	1	0	1	0
11	0	0	1	0
12	1	1	0	0

Під час експлуатації датчику рекомендується не рідше одного разу в 6 місяців проводити планові перевірки. При цьому, необхідно перевіряти [7]:

- надійність кріплення датчика;
- відсутність механічних пошкоджень;
- чистоту захисного скла випромінювача та приймача.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики ДП-1М [7]

Характеристика	Величина
Напруга живлення постійного струму , В	24
Споживана потужність, Вт	5
	Лог. 0 - 0.5
	Лог. 1 - 12
Вхідний струм, мА	10
Вихідний струм, мА	3
Габаритні розміри , мм	150x100x27
Вага, кг	0.5
Максимальна кількість поверхів	32

Був обраний саме цей датчик, бо він має широкий функціонал, що дозволяє об'єднувати у собі декілька необхідних системі функцій.

### 2.3 Датчик швидкості

В якості датчика швидкості буде використовуватися датчик ДО-2, що був вироблений ЗАО «Комплекс». Він призначений для визначення швидкості руху кабіни ліфта в шахті при контролі за підтягуванням противаги.

Датчик встановлений в корпус у формі «П», для забезпечення точності зчитування сигналу з перфорованого кола [8]. Зовнішній вигляд датчика, взятий з технічної документації до пристрою, зображений на рисунку 2.4 [8].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд датчика ДО-2 [8]

Датчик ДО-2 встановлюється на ліфтовій лебідці і шляхом переривання світлового потоку перфорованим диском, що встановлений на шків обмежувача швидкості, формує сигнал з частотою, яка в свою чергу кратна швидкості руху кабіни ліфта [8]. Технічні характеристики даного датчика наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики ДО-2 [8]

Характеристика	Величина
Напруга живлення постійного струму , В	24
Споживана потужність, Вт	0.2
Вхідний струм, мА	50
Діаметр інформаційного диску, мм	154

Був обраний саме цей датчик, бо він виготовлений спеціально для вимірювання швидкості ліфтових кабін та вбудований у спеціальний для цього корпус.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2.4 Датчик ваги

В якості датчика ваги буде використовуватися датчик фірми «Dini Argeo» CPX-C3-500kg. Завдяки високим метрологічним характеристикам цей тип датчиків знаходить широке застосування в багатьох промислових системах ваговимірювання.

Італійська компанія «Dini Argeo» володіє більш ніж 100-річним досвідом в області зважування, дозування і пропонує найсучасніші тензодатчики Dini Argeo з найвищим рівнем точності, які відповідають міжнародним стандартам [9].

Даний датчик є тензодатчиком, це означає, що при дії на тіло зовнішніх сил датчик деформується, протидіє прикладеній силі. За рахунок деформацій корпусу датчика відбувається вплив на вимірювальний елемент тензодатчика. В результаті пристрій видає електричний сигнал, зчитуючи який система обробки видає результат вимірювань.

Зовнішній вигляд датчика зображений на рисунку 2.5 [9]. Технічні характеристики даного датчика наведені у таблиці 2.4 [9].



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд датчика CPX-C3-500kg [9]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики СРХ-С3-500kg [9]

Характеристика	Величина
Навантаження, кг	500
Клас точності	С3
Діапазон робочих температур, °С	-20/+60
Напруга живлення, В	15
Матеріал	нержавіюча сталь

## 2.5 Датчик диму

В якості датчика диму будемо використовувати датчик української фірми «Артон» СПД-3.5. Цей датчик є комбінованим тепло-димовим точковим сповіщувачем і призначений для виявлення загорянь, що супроводжуються підвищенням температури або появою диму. Зовнішній вигляд датчика наведений на рисунку 2.6 [10].



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд датчика Артон СПД-3.5 [10]

Принцип дії ДД заснований на контролі температури і оптичної щільності навколишнього середовища. Датчик представляє собою

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

конструкцію, що складається з сповіщувача і бази. Сповіщувач з'єднується з базою за допомогою чотирьох-контактних роз'ємів. У пластмасовому корпусі сповіщувача встановлені електронний блок обробки сигналів, схема управління індикацією стану і два сенсора - тепловий сенсор для контролю температури і оптичний для контролю оптичної щільності середовища [10]. Технічні характеристики даного датчика наведені у таблиці 2.5 [10].

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики СПД-3.5 [10]

Характеристика	Величина
Діапазон напруг, В	10-30
Габаритні розміри, мм	100x60
Вага, кг	0.15
Діапазон робочих температур, °С	-10/+55

## 2.6 Головний привод

У ході аналізу конструкцій типів двигунів та лебідок, було виявлено що для забезпечення енергетичної ефективності, найкраще підходять електродвигун постійного струму. Основною перевагою двигунів постійного струму в порівнянні з асинхронними двигунами змінного струму є можливість регулювання числа обертів в широких межах [11].

Електродвигуни широко застосовують в ліфтах тому, що вони дозволяють в кілька разів знижувати швидкість кабіни перед зупинкою. Цим досягається висока точність зупинки кабіни. Використання двигунів постійного струму для приводу ліфтів дозволяє підвищити їх продуктивність, що особливо важливо при великій кількості поверхів,

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



знизити час очікування кабіни і істотно збільшити плавність ходу кабіни, особливо в періоди пуску і уповільнення [2].

Двигун постійного струму складається з нерухомого статора, до якого прикріплені сталеві сердечники, звані полюсами, з намотаною на них обмоткою, і обертового якоря - сталевого сердечника з обмоткою. На валу якоря укріплений колектор, що складається з ізольованих одна від одної тонких мідних пластин. До кінців пластин припаяні кінці якірної обмотки. На статорі за допомогою щіткотримача укріплені дві діаметрально розташовані щітки, притискається до поверхні колектора пружинами. Прикріплені до щіток кінці якорів обмотки і кінці обмоток полюсів статора виведені на клемник. На полюсах статора укладено кілька обмоток різного призначення [12].

Оберемо електродвигун постійного струму Д41 виробництва ООО «Електродвигун». Зовнішній вигляд двигуна зображений на рисунку 2.7 [13]. Технічні характеристики даного двигуна наведені у таблиці 2.6 [13].



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд електродвигуна Д41[13]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики двигуна [13]

Характеристика	Величина
Напруга, В	220
Сила струму, А	130
Номінальна потужність, кВт	24
Частота обертів, об/хв	970
Вага, кг	500

## 2.7 Інтерфейс RS-485

RS-485 (RS485 – англ. Recommended Standard 485, EIA-485 – англ. Electronic Industries Alliance-485) – стандарт передачі даних по двопровідному напівдуплексному багатоточковому послідовному каналу зв'язку [14].

У цьому стандарті для передачі і прийому даних часто використовується єдина вита пара проводів. Передача даних здійснюється за допомогою диференціальних сигналів. Різниця напруг між провідниками однієї полярності означає логічну одиницю, різниця іншої полярності – нуль [14].

Для передачі сигналів формувач передавача генерує дві комплементарні напруги (логічно протилежних: високий рівень на А – низький рівень на В, або високий рівень на В – низький рівень на А) на лініях А і В, всі інші передавачі в цей час, щоб уникнути конфлікту (і спотворення сигналу) перебувають у третьому (високоімпедансний) стані [14]. На рис. 2.8 показано, як EIA RS-485 визначає напруги  $U_{oa}$ ,  $U_{ob}$ , і  $U_o$ .

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

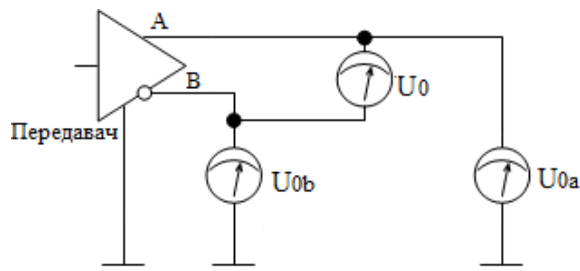


Рисунок 2.8 – Залежність між  $U_{0a}$ ,  $U_{0b}$  і  $U_0$

Коли  $U_{0a}$  низький,  $U_{0b}$  високий, а коли  $U_{0a}$  високий,  $U_{0b}$  низький. Незважаючи на те, що на схемах включення RS-485 вказується двопровідна вита пара, RS-485 – це не струмова петля з взаємно-протилежними струмами (існує і такий інтерфейс – «current loop», в якому "1" представляється імпульсом струму в петлі, "0" – відсутністю струму) [14].

Для практичної реалізації інтерфейсу RS-485 була обрана мікросхема MAX481, яка створена на основі недорогих, економічних мікросхем фірми MAXIM. Дана модель мікросхеми має важливу перевагу серед інших мікросхем фірми MAXIM, а саме: не обмежує швидкість наростання вихідної напруги і дозволяють передавати дані на швидкості до 2.5 Мбіт/с і має режим зниженого споживання енергії, в якому вони споживають лише 0.1 мкА. Всі мікросхеми живляться від однополярної напруги 5 В. Приймачі розглянутих мікросхем працюють в діапазоні:  $-7 \dots +12$  В. Позначення виводі даної мікросхеми зображений на рисунку 2.9 [14].

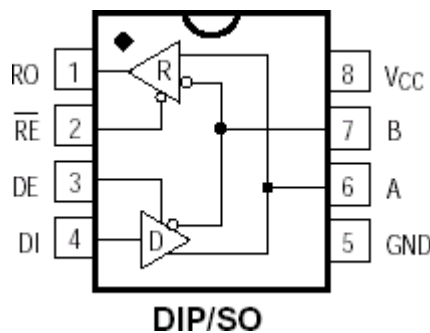


Рисунок 2.9 – Позначення виводів MAX481[14]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Для реалізації коректного обміну даних між різними мікроконтролерами системи буде застосований інтервально-маркерний метод, який забезпечує безконфліктну передачу даних, гарантовану стійкість мережі, високий коефіцієнт використання каналу при відносній простоті реалізації.

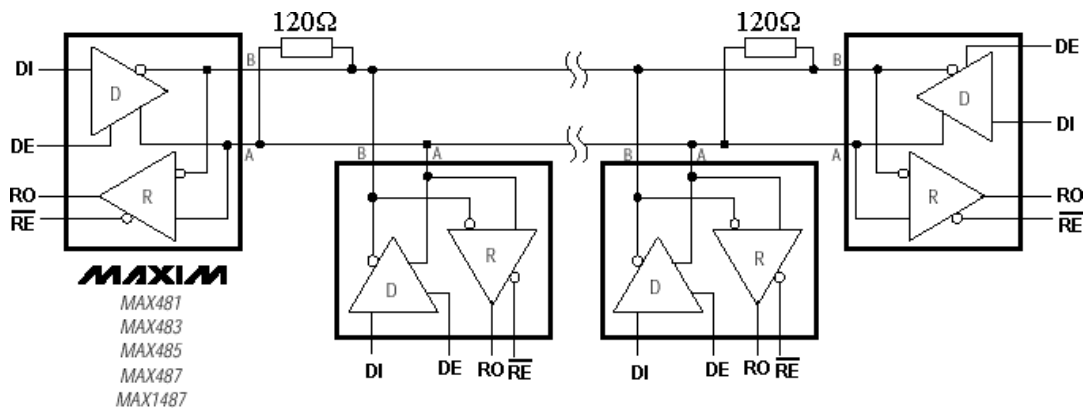


Рисунок 2.10 – Типове використання RS-485 в напівдуплексній мережі [14]

Цей метод дає змогу усунути конфлікти в каналі зв'язку і дає можливість забезпечити високу пропускну здатність каналу. Загалом цей метод зводиться до наступного [15]: При нульовій завантаженості в каналі періодично з'являється маркер, що генерується одним з мікроконтролерів мережі. Він є ведучим. У мережі може бути  $(2^7 - 1) = 127$  станцій з номерами від 0 до 126. Маркер містить номер мікроконтролера, що є ведучим. Головне завдання ведучого – підтримувати синхронізм в мережі шляхом періодичної видачі маркера в канал. (Роль ведучого може виконувати будь-який з  $n$  станцій (мікроконтролерів)). Період генерації маркера складається з певної кількості часових "вікон", що дорівнює числу мікроконтролерів в мережі ( $N_{\text{вікон}} = n_{\text{МК}}$  мережі). Кожному  $i$ -му мікроконтролеру згідно з його номером належить  $i$ -е часове вікно, протягом якого даний мікроконтролер може почати передачу даних. Період

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

мережі  $T_{\text{мережі}} = t_{\text{Б}} \times n_{\text{МК}}$ , де  $t_{\text{Б}}$  – час передачі одного байта (тривалість вікна) [14].

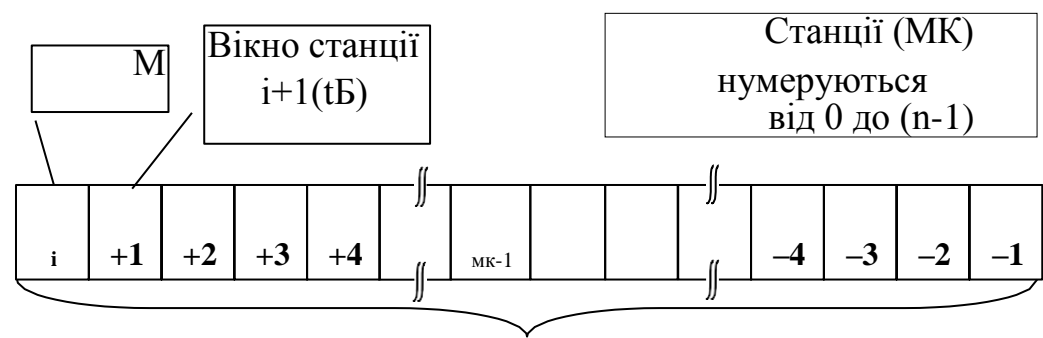


Рисунок 2.11 – Визначення періоду мережі [14]

У тому випадку коли якийсь із мікроконтролерів хоче передати повідомлення (свій пакет інформації), то він повинен захопити спільний моноканал мережі. Для цього він повинен дочекатися появи маркера і відрахувати від нього своє вікно. Якщо при цьому його не випередять інші мікроконтролери, то, дочекавшись свого вікна, мікроконтролер може, не побоюючись конфліктів, починати передачу даних [15].

### 2.8 Аналого-цифровий перетворювач

Аналого-цифровий перетворювач, АЦП (англ. Analog-to-digital converter, *ADC*) – пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал), який кількісно характеризує амплітуду вхідного сигналу [5].

До складу більшості моделей сімейства Mega входить модуль 10-розрядного аналого-цифрового перетворювача (АЦП) послідовного наближення. Основні параметри модуля АЦП наступні: абсолютна похибка:  $\pm 2$  МЗР (молодшого значущого розряду), інтегральна нелінійність:  $\pm 0.5$  МЗР, швидкодія: до 15 тис. вибірок/с [5]. Модуль АЦП

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	



положення 1. Компаратор зрівнює напругу на виході ЦАП з вхідною напругою: якщо напруга на вході більша, ніж напруга на виході ЦАП, то на виході компаратора високий рівень, а в тригер регістра зсуву записується 1, якщо напруга на вході менша, ніж напруга на виході ЦАП, то тригер переводиться у положення 0. В кінці перетворення у регістрі даних АЦП (ADCH/ADCL) буде двійковий код, який еквівалентний вхідній напрузі [5].

АЦП може працювати у двох режимах: однополярному та диференціальному. При однополярному режимі вхідний сигнал поступає на один із входів ADC0...ADC15. При диференціальному режимі використовуються шість входів мультиплексора (ADC0, ADC1, ADC2, ADC8, ADC9, ADC10). Різниця сигналу між цими входами підсилюється за допомогою диференціального підсилювача і поступає на вхід компаратора [5].

## 2.9 Універсальний асинхронний приймач-передавач

Значна частина мікроконтролерів сімейства AVR мають у своєму складі модулі або універсального асинхронного (UART), або універсального синхронно/асинхронного (USART) приймача-передавача (УАПП/УСАПП) [6].

Модулі USART, які мають всі мікроконтролери сімейства Mega, при роботі в асинхронному режимі сумісні з модулями UART як за розміщенням розрядів керуючих регістрів, так і за функціонуванням. В деяких моделях модулі USART можуть використовуватись в якості ведучого шини SPI [6].

Дуплексний обмін підтримується за допомогою модулів UART/USART по послідовному каналу, при цьому швидкість передачі даних може змінюватись у доволі широких межах. У модулях UART пакет

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

може бути 8-ми чи 9-ти розрядним, а в модулях USART його довжина може складати від 5-ти до 9-ти розрядів. Ще однією особливістю модулів USART є наявність схем формування та контролю парності [6].

Модулі UART/USART можуть виявляти наступні не типові ситуації [6]:

- переповнення;
- помилку кадрування;
- некоректний старт-біт.

З метою зменшення ймовірності збоїв у модулях також реалізована така корисна функція, як фільтрація завад.

Для взаємодії з програмою у модулях передбачені 3 переривання, запит на генерацію яких формується при виникненні наступних подій: «передачу завершено», «регістр даних передавача пустий» та «прийом завершено» [6].

Зазвичай, виводи мікроконтролера, що використовуються модулями USART/UART, є лініями портів введення/виведення загального призначення.

Модуль має три частини: блок тактування, блок передавача та блок приймача. Блок тактування включає схему синхронізації, яка використовується при роботі у синхронному режимі і контролер швидкості передачі. У модулях UART блок тактування складається тільки з контролера швидкості передачі [6].

Блок передавача має однорівневий буфер UDR, регістр зсуву, схему формування біта парності (тільки USART) і схему керування. Блок приймача, у свою чергу, включає схеми відновлення тактового сигналу і даних, схему контролю парності (тільки USART), дворівневий (USART) чи однорівневий (UART) буфер UDR, регістр зсуву, а також схему керування [6].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Буферні регістри приймача і передавача розміщуються за однією адресою простору регістрів введення/виведення і позначаються як регістр даних UDR (Universal Data Register – UDRn, де n = 0/1). У цьому регістрі зберігаються молодші 8 розрядів даних, які приймаються чи передаються. Під час читання виконується звернення до буферного регістра UDR приймача, а у разі запису – до буферного регістра UDR передавача [6]. На рисунку 2.13 зображена спрощена структурна схема модуля USART/UART [6].

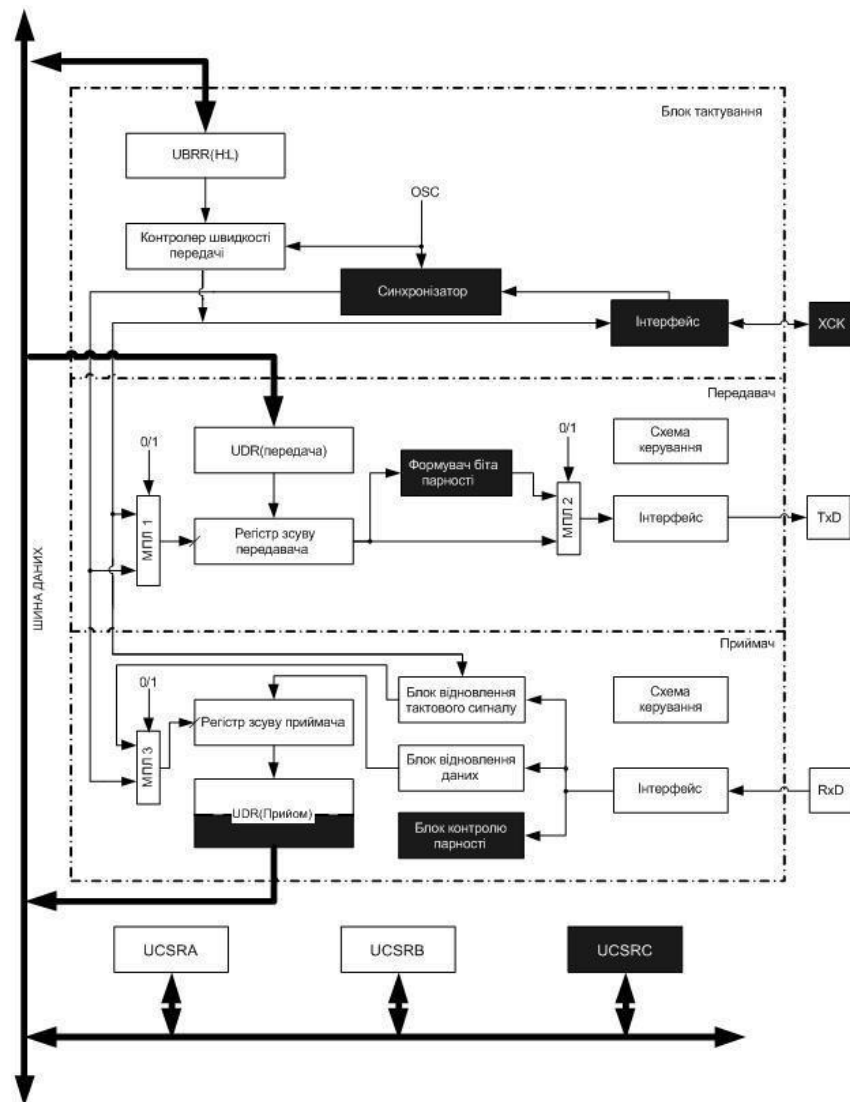


Рисунок 2.13 – Спрощена структурна схема модуля USART/UART[6]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

УСАПП підтримує чотири режими роботи синхронізації: нормальна асинхронна, асинхронна з подвоєнням швидкості, ведуча синхронна та підлегла (ведена) синхронна. Біт UMSEL у регістрі керування та статусу (UCSRC) дозволяє обрати асинхронну (0) чи синхронну (1) роботу [6].

Внутрішня синхронізація використовується для асинхронного та ведучого синхронного режимів роботи. Зовнішня синхронізація використовується у синхронному підлеглому (веденому) режимі роботи [6].

В асинхронному режимі, а також у синхронному режимі при роботі у якості ведучого, швидкість прийому та передачі даних задається контролером швидкості передачі, що функціонує як дільник системного тактового сигналу з програмованим коефіцієнтом ділення. Коефіцієнт визначається вмістом регістра контролера UBRR (UBRRn). У блок приймача сформований сигнал надходить одразу, а у блок передавача – через додатковий дільник, коефіцієнт ділення якого (2, 8 чи 16) залежить від режиму роботи модуля UART/USART [6].

## 2.10 Шифратор

Шифратор (англ. encoder) - це комбінаційний пристрій, у якого при подачі сигналу на один з його входів (унітарний код) на виході повинен утворитися відповідний двійковий код. У якості шифратора використовується мікросхема IB1 серії K555, що являє собою пріоритетний шифратор (рисунок 2.14).

Вона має вісім інформаційних входів 0-7 і вхід дозволу EI. Виходів у мікросхеми п'ять - три інверсних вихідного коду 0,1,2; GS-ознака подачі вхідного сигналу і EO – перенесення [16].

Якщо на всіх інформаційних входах мікросхеми лог. 1, на виходах 0,1,2, GS - лог. 1, на виході EO - лог. 0. При подачі лог. 0 на будь-який з інформаційних входів 0-7 на виходах 0,1,2 з'явиться інверсний код, що

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

відповідає номеру входу, на який подано лог. 0, на виході GS-лог. 0, що є ознакою подачі вхідного сигналу, на виході EO - лог. 1, яка забороняє роботу інших мікросхем IB1 при їх каскадуванні з'єднанні. Якщо лог. 0 буде поданий на кілька інформаційних входів мікросхеми, вихідний код буде відповідати входу з великим номером. Так працює мікросхема при подачі на вхід EI лог. 0. Якщо ж на вході EI лог. 1 (заборона роботи), на всіх шести виходах мікросхеми лог. 1 [16].

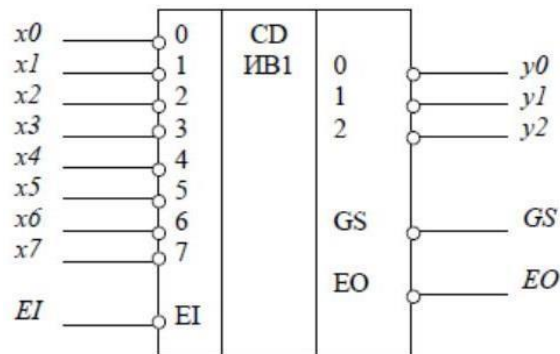


Рисунок 2.14 – мікросхема K555IB1[16]

Для отримання шифратора на 12 входів, оскільки маємо 12 поверхів, можна з'єднати два шифратори K555IB1 за наступною схемою, яка зображена на рисунку 2.15.

Для цих мікросхем є можливість з'єднання для отримання більшої кількості входів. В цьому випадку виходи перенесення мікросхем з великими номерами слід з'єднати з входами заборони мікросхем з меншими номерами, виходи 0,1,2 варто підключити до виходів пристрою через багатовхідні елементи І-НЕ - це будуть молодші розряди вихідного коду. Виходи GS мікросхем IB1, з виходів якої можна буде зняти старші розряди коду і ознака подачі вхідного сигналу GS. При такому способі з'єднання зберігається властивість пріоритетності шифраторів - при одночасній подачі лог. 0 на кілька входів вихідний код завжди відповідає входу з найбільшим номером.

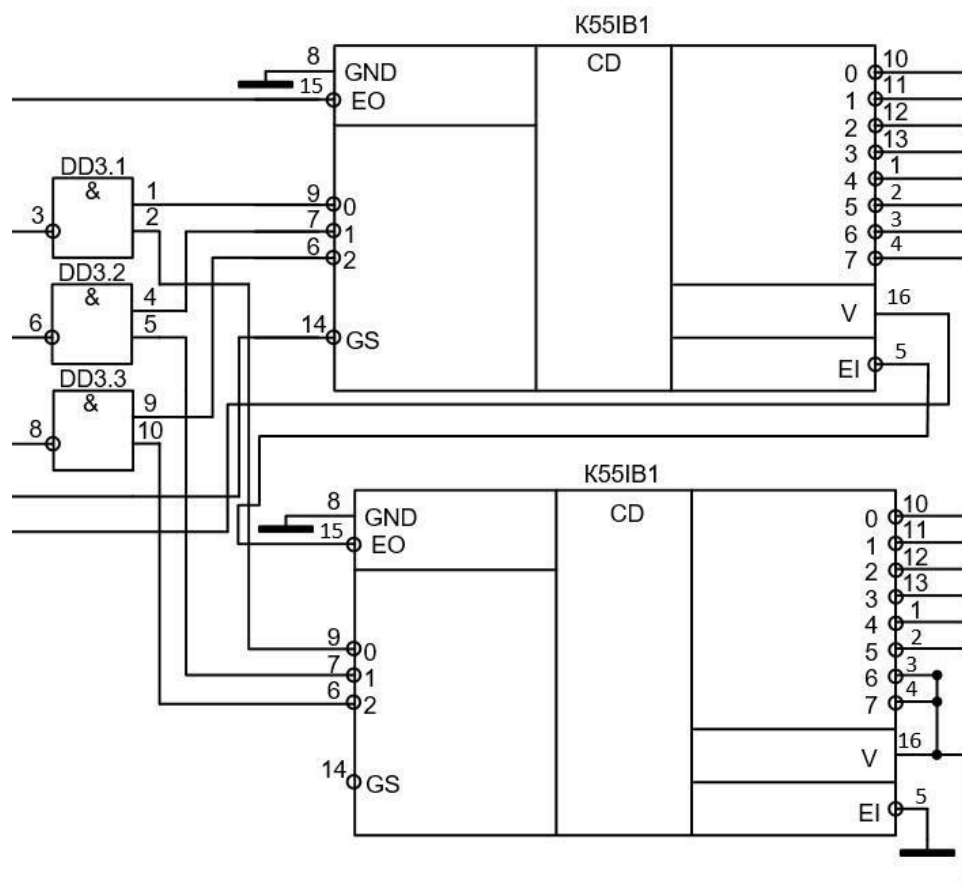


Рисунок 2.15 – Об'єднання мікросхем К555ІВ1

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБКА ТА ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ

#### 3.1 Функціональна схема системи

Функціональна схема системи керування ліфтом представлена на схемі ІА61.150БАК.001 Э2. Схема складається з підсистеми керування приводом ліфта, підсистеми кабіни ліфта та підсистем поверхів. Кожна підсистема має у своєму складі мікроконтролер та під'єднана до лінії зв'язку за допомогою приймача-передавача RS-485.

Також, відповідно до вимог безпеки і продуктивної роботи системи, до мікроконтролера приєднані кварцовий резонатор і вузол скидання. Кварцовий резонатор використовується для стабілізації тактової частоти МК і відповідно для більш стабільної його роботи загалом. Вузол скидання необхідний для того, щоб встановити регістри, лічильники, та інші складові мікроконтролера, у певний логічний стан з метою уникнення конфліктів між іншими МК, наявних у системі.

Підсистема керування приводом ліфта складається з наступних елементів: мікроконтролер, датчик швидкості, обмежувач швидкості, датчик перегріву, драйвер широтно-імпульсного модулятора(ДШІМ), підсилювач, модуль широтно-імпульсного модулятора(МШІМ), двигун постійного струму(ДПС), пристрій перетворення рівнів(ППР), універсальний асинхронний приймач-передавач(УАПП), приймач-передавач RS-485, вузол скидання і кварцовий резонатор.

Керування двигуном постійного струму відбувається за допомогою МШІМ, який в свою чергу входить до складу МК, та ДШІМ, який потрібен для того, щоб змінювати напрям руху двигуна і підсилювати струм до 2 ампер. Взаємодія ДШІМ з ДПС відбувається через підсилювач, який підсилює струм, що подається на вхід ДПС, до значення необхідного для коректної роботи двигуна.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обмежувач швидкості(ОШ), що встановлений у машинному відділенні поряд з двигуном постійного струму, необхідний для приведення в дію уловлювачів у тому випадку, якщо перевищення швидкості кабіни ліфта складає 10 або 15 відсотків від максимальної швидкості в залежності від напрямку руху кабіни (вгору і вниз відповідно). На ОШ встановлений датчик швидкості, який через ППР передає значення мікроконтролеру.

Взаємодія з лінією зв'язку відбувається за допомогою УАПП, який в свою чергу входить до складу МК, та приймача-передавача RS-485, який дає змогу реалізувати інтерфейс RS-485.

### 3.2 Функціональна схема керування поверхом

Функціональна схема системи керування поверхом представлена на схемі ІА61.150БАК.001 Э2.1.

Підсистема керування поверхом складається з наступних елементів: мікроконтролер, шифратор, кнопка поверху, індикатор, універсальний асинхронний приймач-передавач(УАПП), приймач-передавач RS-485, вузол скидання і кварцовий резонатор. Індикатор являє собою два семисегментних індикатори для відображення положення кабіни ліфта.

Відповідно до вимог безпеки і продуктивної роботи системи, до мікроконтролера приєднані кварцовий резонатор і вузол скидання. Кварцовий резонатор використовується для стабілізації тактової частоти МК і відповідно для більш стабільної його роботи загалом. Вузол скидання необхідний для того, щоб встановити регістри, лічильники, та інші складові мікроконтролера, у певний логічний стан з метою уникнення конфліктів між іншими МК, наявних у системі.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3.3 Функціональна схема керування кабіною ліфта

Функціональна схема системи керування поверхом представлена на схемі ІА61.150БАК.001 Э2.2.

Підсистема керування кабіною ліфта складається з наступних елементів: мікроконтролер, шифратор, кнопки кабіни ліфта, індикатор, універсальний асинхронний приймач-передавач(УАПП), приймач-передавач RS-485, пристрій перетворення рівнів, датчик освітлення, датчик диму, привід дверей, датчик відчинення дверей, датчик зачинення дверей, резервне освітлення, аналого-цифровий перетворювач(АЦП), датчик положення, датчик сповільнення руху, вузол скидання і кварцовий резонатор.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЛІФТОМ

### 4.1 Розрахунок аналого-цифрового перетворювача

У АЦП здійснюється квантування (дискретизація) за рівнем і часом. На вхід перетворювача надходить аналогова напруга  $U_{вх}$ , яке перетворюється в дискретну величину, яка визначається в фіксовані моменти часу найближчим до безперервної величиною рівнем квантування [5].

На виході аналого-цифрового перетворювача кожному дискретному значенню відповідає комбінація двійкового коду, число розрядів якого позначимо літерою  $N_p$ . Величина  $N_p$  залежить від числа дискретних значень  $N_d$  на виході АЦП, включаючи нульовий. Вибір  $N_p$  проводиться відповідно до співвідношення [5]:

$$2^{N_p} \geq N_d \quad (4.1)$$

Число дискретних значень (рівнів квантування) залежить від похибки квантування за рівнем. Абсолютна похибка квантування за рівнем [5]:

$$\delta_{abc} \leq \frac{\Delta U}{2} \quad (4.2)$$

де  $\Delta U$  – величина кроку квантування за рівнем, що дорівнює

$$\Delta U = \frac{U_{BX \max} - U_{BX \min}}{N_d - 1} \quad (4.3)$$

З наведеного співвідношення можна зробити висновок, що максимальна абсолютна похибка дорівнює половині кроку квантування за рівнем. Відносна похибка квантування за рівнем [5]:

$$\delta_{відн} \leq \frac{50}{N_d - 1} \% \quad (4.4)$$

Під час проектування АЦП важливе значення має вибір величини кроку квантування за часом  $\Delta t = T$ . Значення  $T$  визначає необхідну швидкість АЦП і тракту обробки інформації. По теоремі Котельникова значення  $\Delta t = T$  має задовольняти висловом [5]:

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



$$\Delta U = T \leq \frac{1}{2f_{\max}}, \quad (4.5)$$

де  $f_{\max}$  - частота вищої гармоніки спектра вхідного сигналу АЦП. Фізично теорему Котельникова можна трактувати наступним чином: на один період максимальної гармоніки вхідного аналогового сигналу необхідно взяти не менше двох відліків при переході до дискретної величини [6].

Оскільки діапазон напруг для датчика ваги після проходження через нормуючий перетворювач складає 0...5В робимо висновок, що це канал з однополярним (несиметричним) входом результат перетворення якого визначається виразом [6]:

$$ADC = \frac{1023 * U_{IN}}{U_{REF}}, \quad (4.6)$$

де  $U_{IN}$  – значення вхідної напруги в мілівольтах, а  $U_{REF}$  – величина опорної напруги.

Коефіцієнт передачі АЦП визначається формулою [6]:

$$K_{ПЕР} = 1023/U_{REF} [МЗР/мВ]. \quad (4.7)$$

На рисунку 4.1 представлено функцію перетворення АЦП в однополярному режимі [6]. Код 0x000 відповідає рівню аналогової землі, а 0x3FF – рівню напруги ДОН мінус один крок квантування за напругою.

Наприклад, якщо напруга на одному з входів 5В= 5000 мВ, напруга ДОН рівна 2,56 В, тоді маємо:

$$\text{КодАЦП} = 1023 * 5000 / 2560 = 1998 = 0x7CE.$$

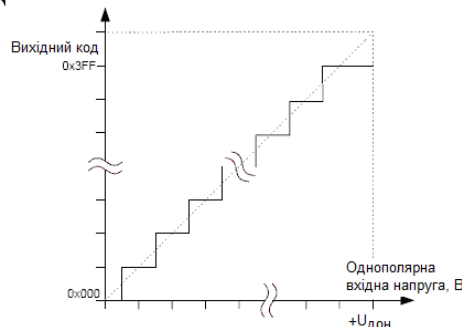


Рисунок 4.1 – Функція перетворення АЦП при зміні однополярного сигналу [6]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки до складу обраного мікроконтролера входить 10-розрядний АЦП, то його відносна похибка дорівнює  $\delta_{\text{відн}} = \frac{50}{2^{10}-1} = \frac{50}{1023} = 0.0489\%$ .

Контрольований параметр, який перетворюється за допомогою АЦП, вага ліфта змінюється досить повільно, то приймемо  $f_{\text{max}} = 5 \text{ Гц}$ . Тоді крок квантування за часом дорівнює 100мс.

## 4.2 Розрахунок таймера мікроконтролера

Величина частоти ШІМ-сигналу  $f_{\text{PL3}}$  визначається виразом [6]:

$$f_{\text{PB5}} = \frac{f_{\text{CLKI/O}}}{2N(\text{TOP}+1)} \quad (4.8)$$

Для коректної роботи двигуна обираємо режим Phase and Frequency Correct PWM. Тоді значення модуля лічби TOP визначається вмістом регістра ICR1. Враховуючи, що значення  $f_{\text{PB5}}$  дорівнює 25кГц, шукаємо значення  $\text{ICR1}=\text{TOP}$ , згідно формули 4.8 при  $N=8$ :  $\text{ICR1} = 40$ .

Обираємо значення  $\text{ICR1}=40=00101000\text{B}=\$0028$ . Період ШІМ-сигналу [6]:  $T_{\text{PB5}} = \frac{1}{f_{\text{PB5}}} = \frac{1}{25 \cdot 10^3} = 40 \text{ мкс}$ .

Потрібна тривалість імпульсу при шпаруватості ШІМ-сигналу  $Q_{\text{PB5}} = 2$  [6]:  $t_{\text{импPB5}} = \frac{T_{\text{PB5}}}{Q} = \frac{40}{2} = 20 \text{ мкс}$ .

$$t_{\text{импPB5}} = T_{\text{PB5}} - 2 \Delta t. \quad (4.9)$$

$$\Delta t = \frac{T_{\text{PB5}} - t_{\text{импPB5}}}{2} = \frac{40 - 20}{2} = 10 \text{ мкс}.$$

$$\Delta t = T_{\text{CLKI/O}} * N * \text{OCR1A}, \quad (4.10)$$

де OCR1A – регістр порівняння таймера 1.

$\text{OCR1A} = 20 = 00010100\text{B} = \$0014$ .

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Шпаруватість(Q):

$$Q = \frac{T_{PB5}}{T_{PB5} - 2 \Delta t} = \frac{1}{1 - 2 \cdot \frac{1}{f_{CLKI/O}} \cdot N \cdot OCR1A \cdot f_{PB5}} \quad (4.11)$$

Змінюючи відношення періоду слідування імпульсів до їх довжини (шпаруватість), можна змінювати еквівалентну постійну напругу та регулювати швидкість обертання двигуна постійного струму. Для перевірки розрахунків використаємо  $OCR1A = 25$ :  $Q_{(OCR1A=25)} = \frac{1}{1 - 2 \cdot \frac{1}{16 \cdot 10^6} \cdot 8 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 10^3} = 2,667$ .

#### 4.3 Розрахунок швидкості передачі інформації та тривалості одного біта

Інтерфейс УСАПП (USART) може програмуватися в асинхронний звичайний (біт  $U2X_n = 0$ ) режим [1; 7]. У цьому випадку швидкість передачі даних (обміну) [6]:

$$V_{ПД} = \frac{f_{CLK}}{16 \cdot (UBRR + 1)} \quad (4.12)$$

де  $f_{CLK}$  – частота системного тактового генератора (при підключенні зовнішнього кварцу визначається частотою, на яку виготовляється кварц).

$UBRR$  – вміст регістра контролера швидкості передачі, що змінюється програмно ( $UBRR = 0 \dots 4095$ ). Розрахуємо швидкість за умови, що

$f_{CLK} = 8$  МГц, а  $UBRR = 12$ , тоді  $V_{ПД} = 80000000 / 16 \cdot (12 + 1) = 38400$  бод  
 $= 38.4$  Кбіт/с

Відповідно тривалість однієї послідовності:  $t_{ПД} = 1 / V_{ПД} = 26$  мкс.

Таким чином, час передачі одного байта дорівнює  $12 \cdot t_{ПД}$ , що при тривалості  $t_{ПД} = 26$  мкс становить  $t_B = 26 \cdot 12 = 312$  мкс.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

#### 4.4 Розрахунок нормуючих перетворювачів

Тип нормуючого перетворювача визначається видом і діапазоном зміни аналогових сигналів, що знімаються з виходів обраних вище датчиків, а також діапазоном зміни аналогової напруги АЦП, що складає, наприклад : 0..+5В.

Для каналу виміру ваги в якості нормуючого перетворювача використаний дільник напруги оскільки з виходу обраного датчика знімається сигнал у діапазоні: 0...10В. Використовуваний датчик ваги фірми Dini Argeo має максимальний вихідний сигнал 10В, що відповідає вазі 500кг. З виходу датчика надходить напруга в діапазоні від 0 до 10 В, який необхідно привести до діапазону вхідних напруг АЦП, що складає: 0..5 В. Схема дільника напруги наведена на рисунку 4.2, де  $U_{вх} = 10В$ ,  $R2 = 1кОм$ ,  $U_{вих} = 5В$ , а опір  $R1$  необхідно визначити.

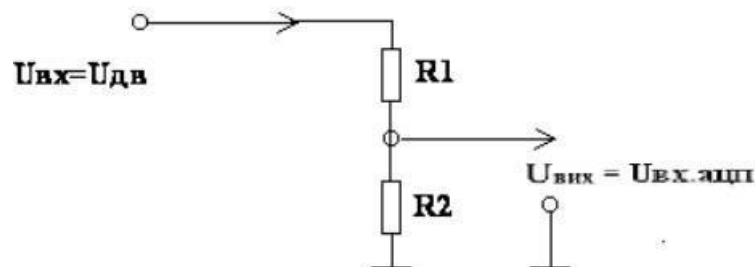


Рисунок 4.2 – Схема дільника напруги який знімається з датчика ваги

Напруга на виході дільника  $U_{вих} = U_{вх.ацп}$  визначається співвідношенням резисторів  $R1$  і  $R2$  :

$$U_{вих} = \frac{U_{вх} \cdot R2}{R1 + R2} \quad (4.13)$$

Виходячи з формули 4.13 отримуємо співвідношення:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{U_{вх}}{U_{вих}} - 1 = \frac{10}{5} - 1 = 1$$

Відповідно, опір  $R1$ :  $R1 = R2 \cdot 1 = 1 \cdot 10^3 = 1кОм$

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 5 РОЗРОБКА ТА ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Принципова схема підсистеми керування кабіною ліфта представлена на схемі ІА61.150БАК.001 ЭЗ.

Центральним елементом підсистеми є мікропроцесор Atmel ATmega128 (DD4) який реалізує алгоритм управління ліфтом, отримання інформації з датчиків і виведення на індикацію нинішнє положення кабіни ліфта.

Застосування мікросхем стабілізації живлення і подільників надала можливість живлення схеми всього від одного джерела змінної напруги  $+12\text{ В} \pm 10\%$ . Тобто живлення 12 В подається спочатку на діодний міст DA1, потім - на конденсатор, який використовується в якості ФНЧ, після чого надходить на стабілізатор напруги KP142EH5A (DA2), з виходу якого знімається напруга +5 В і надходить на провідник №20 загальної шини. Також існує резервне живлення, яке становить 4.5 В і де відповідно не має необхідності використовувати стабілізатор напруги. Резервне живлення подається на провідник №20 в разі відключення головного джерела живлення.

З метою уникнення шумів та фільтрації частот, до кожної мікросхеми додається конденсатор невеликої ємності, який виконує роль фільтра високих частот. Також до стабілізатора напруги DA2 з обох боків додаються конденсатори C2, C3 з великими значеннями ємності для забезпечення фільтрації низьких частот.

Для генерації тактової частоти мікроконтролера використовується кварцовий резонатор BQ1, який на схемі в парі з навантажувальними конденсаторами C11 та C12. Кварцовий резонатор необхідний для генерації частоти тактового генератора УАПП у складі МК.

Вузол скидання утворений завдяки ланцюгу формування сигналу скидання МК який складається з резисторів R17, R18, конденсатора C1,

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

діода VD1 і кнопки SA1. Цей сигнал формується автоматично при включенні живлення, а також при короткочасному натисканні SA1.

На входи мікроконтролера надходять сигнали з блоку вибору поверху (роз'єм XS5), датчиків освітлення, ваги, диму, точної зупинки, обриву тросу, зачинення і відчинення дверей і резервного освітлення (всі підключаються в роз'єм XS3). Ці датчики і блоки відсутні в нашій схемі і представлені роз'ємами, до яких підключаються відповідні датчики.

Оскільки сигнали з блоку вибору поверху надходять в унітарному коді, вони перетворюються в паралельний код за допомогою об'єднаних шифраторів DD5 і DD6 для блоку вибору поверху. Отриманий двійковий паралельний код надходить на входи PA0, PA1, PA2, PA3 і PA4. Сигнал надходить на вхід PA4 є ознакою наявності вхідного сигналу (логічна 1).

Відповідно, сигнал з датчика диму надходить на вхід PB2, з датчика обриву тросу на вхід PB3, з датчика освітлення на вхід PB4, з датчика точної зупинки на вхід PB5.

Аналоговий сигнал з датчика ваги надходить на нормуючий перетворювач, який являє собою дільник напруги R19, R20, оскільки з виходу обраного датчика знімається сигнал у діапазоні: 0...10В. З дільника напруги сигнал надходить на вхід PF0.

З датчику положення (роз'єм XS6) подається 4 аналогові сигнали D1...D4, які визначають місцезнаходження кабіни ліфта у шахті і видають чотирьохзначний код поверху. Сигнал D5 необхідно використовувати, якщо будівля має більше 16 поверхів, в нашому випадку ми його не використовуємо, тому заземлюємо цей сигнал. Усі сигнали спочатку проходять через нормуючі перетворювачі, а вже потім на входи PF2...PF5.

Напруга на АЦП подається через фільтруючий дросель L1, щоб перешкоди, які інколи з'являються в ланцюгу живлення, не впливали на якість вимірювання. Також встановлюється конденсатор C10, який згладить короткі імпульсні перешкоди в шині живлення, які викликає

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

робота цифрових схем. Для зниження впливу шумів на опорне джерело підключений конденсатор С13 між виводом AREF і спільним виводом живлення.

Також розроблений прилад підтримує можливість передачі даних по інтерфейсу RS-485 (DD1), що реалізовано на базі мікросхеми MAX 481.

Для відтворення звукового сигналу під час перевантаження кабіни ліфта додається динамік.

Для керування пристроями індикації в роботі застосовані послідовно-паралельні регістри (ППР), виконані на мікросхемах КР1533ІР24 (DD2-DD3). В послідовно-паралельний регістрах інформація записується в послідовному багаторозрядному коді, а потім паралельно зчитується з усіх розрядів сигналом управління.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 6 РОЗРОБКА ТА ОПИС СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОБОТИ

Схема алгоритму роботи системи у режимі «Нормальна робота» представлена на схемі ІА61.150БАК.001 СА.

В даній системі керування використовується система з одностороннім збірним керуванням, яка забезпечує управління ліфтом з кабіни, виклик вільної кабіни на поверх і виконання попутних викликів при русі кабіни з пасажирами вниз. Ця система автоматично реєструє команди пасажирів, що входять в кабіну, і послідовно виконує їх або реєструє тільки один наказ, виконує його, після чого може аналогічно виконувати наступний наказ. При русі вгору виклики не обробляються. Такі системи застосовуються на ліфтах пасажирських для житлових будівель до 16 поверхів вантажопідйомністю 320 і 500 кг [2].

Основним елементом системи управління є мікроконтролер «АТmega128» від виробника Atmel. Важливою особливістю роботи системи управління є отримання інформації з всіх датчиків системи у разі її надходження до МК, що відповідають за зняття інформації про статус виконавчих пристроїв та індикаторних елементів. В системі датчики положення та точної зупинки розташовується на каркасі кабіни ліфта. Датчики ваги розташовується під підлогою кабіни ліфта, датчики освітлення та диму розташовуються на стелі кабіни ліфта. Взаємодія датчиків відбувається із шунтами та пристроями в шахті ліфта, в зонах перед зупинкою та після неї, однозначно вказуючи на місцезнаходження кабіни ліфта.

У режимі нормальної роботи здійснюється внутрішнє кнопочне управління з кабіни і зовнішній виклик кабіни на всі поверхи кнопками, встановленими на посадкових майданчиках, а також зупинка кабіни по попутним викликам.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Реєстрація викликів здійснюється натисканням на кнопки на поверхових майданчиках, а наказів - кнопками в ліфті кабіни. Обслуговування викликів можливе тільки за умови, якщо [2]:

- справні всі захисні та блокувальні пристрої ліфта;
- ліфт завантажений не більше, ніж на 90%;
- відсутній сигнал ПЕРЕГРІВ.

Якщо при фіксації виклику кабіна знаходилася на першому поверсі, то кабіна направляється на самий верхній з зафіксованих викликів. При наявності декількох зареєстрованих наказів кабіна обирає напрямок відповідно до першим натиснутим наказом і виконує зареєстровані накази в даному напрямку. Зміна напрямку руху за наказом може статися після виконання всіх наказів заданого напрямку або їх скасування.

Якщо після закриття дверей кабіни є зафіксовані виклики, як нижче, так і вище кабіни, то кабіна направляється на самий верхній з зафіксованих викликів. Закриття дверей відбувається автоматично з витримкою часу, заданої програмно. Двері кабіни можуть відкритися тільки в зоні точної зупинки при відключеному двигуні головного приводу та ввімкненому гальма кабіни. Якщо кабіна перебуває не в зоні точної зупинки, подається сигнал на закриття дверей.

Як було вказано вище, взаємодія усіх мікроконтролерів системи відбувається з використанням інтервально-маркерного методу. Наприклад, якщо кабіна ліфта знаходиться на першому поверсі, тоді, відповідно, контролер приводу ліфта, який наразі є ведучим, генерує маркер та відправляє його в мережу. Після цього проходить послідовність часових інтервалів для кожного мікроконтролера під час якого можна відправляти повідомлення будь-якому МК. Пасажир заходить у кабіну ліфта та обирає, наприклад, 8 поверх в кнопках наказів. В цей час МК кабіни ліфта «перехоплює» канал і формує повідомлення, яке складається з адреси отримувача, адреси відправника та, власне, повідомлення. У даному

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

випадку адресою отримувача буде МК приводу ліфта, адресою відправника – МК кабіни ліфта, повідомлення – вгору(логічна 1). Для відправки повідомлення МК кабіни ліфта генерує власний маркер та надсилає його в мережу. Після цього можна розпочинати передачу даних.

При обраному напрямку після закриття дверей і справності всіх захисних і блокувальних пристроїв алгоритмом формуються необхідні керуючі сигнали для головного приводу лебідки у машинному приміщенні, та передається через інтерфейс RS-485 до контролеру приводу ліфта, внаслідок чого вмикається двигун постійного струму, який розкручує чи закручує лебідку в обраному напрямку. Після того, як двигун почав роботу кабіна рухається на великій швидкості. При підході до вибраного поверху двигун переходить на знижену швидкість і зупиняється в зоні точної зупинки. При реєстрації наказу або виклику під час руху на великій швидкості в зоні уповільнення цього поверху, зупинка на цьому поверсі не виконується.

При надходженні виклику з інших поверхів туди відправляється вільна або з пасажиром кабіна, якщо протягом 4-6с не був зареєстрований наказ і двері зачинені. У разі якщо сигнал що надійшов, яка являє собою адресу поверху виклику, та виявляється, що розпізнана адреса дорівнює адресі місця знаходження кабіни ліфта то контролером відразу формується сигнал відчинення дверей кабіни ліфта.

Згідно загальноприйнятих правил безпеки ліфтової індустрії, до посту наказів, з якого відбувається отримання інформації про повері призначення від пасажирів, додаються кнопки «Відміна» та «Стоп». Між цими командами є різниця у ситуації їх натискання.

Керування з машинного приміщення можливе за умови [2]:

- відключення всіх інших апаратів керування;
- запобігання впливу рухливого відведення на автоматичні замки в ліфтах, що обладнані таким відведенням;

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– запобігання відчиненню дверей при зупиненні кабіни на по-верхових майданчиках ліфтів, обладнаних автоматичними дверима.

Якщо відбулося натискання кнопки «Відміна» кабіна зупиняється на найближчому поверсі. Відключення відбувається при надходженні сигналу від відповідного кінцевого вимикача. При надходженні сигналу реверсу відчиняються двері, які закривалися.

Якщо під час руху кабіни надходить сигнал «Стоп», накази скидаються і кабіна зупиняється негайно. Через 4с, якщо немає зафіксованих наказів, вмикається мала швидкість і кабіна дотягує до найближчої зони точної зупинки. Двері кабіни відкриваються.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 7 МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ЛІФТА

### 7.1 Опис середовища моделювання

Для створення моделі мікроконтролера керування приводом ліфта був застосований програмний додаток Proteus 8.

Ця система автоматизованого керування надає широкий спектр послуг для розробників програмного забезпечення. Proteus дає змогу проектувати електронні системи, в тому і для мікроконтролерів. Програмний додаток складається з двох модулів: ISIS - редактор електронних схем з наступною імітацією їх роботи та ARES - редактор друкованих плат, який оснащений автотрасувальником Electra, вбудованим редактором бібліотек і автоматичною системою розміщення компонентів на платі. Крім цього ARES може створити тривимірну модель друкованої плати [17].

Також до складу восьмої версії входить середовище розробки VSM Studio, що дозволяє швидко написати програму для мікроконтролера, використовуюваного в проекті, і скомпілювати. Proteus VSM включає в себе більше 6000 електронних компонентів з усіма довідковими даними, а також демонстраційні ознайомчі проекти. Програма має інструменти USBCONN і COMPIR, які дозволяють підключити віртуальний пристрій до портів USB і COM комп'ютера. При приєднанні до цих портів будь-якого зовнішнього приладу віртуальна схема буде працювати з ним, як якщо б вона існувала в реальності. Proteus VSM підтримує наступні компілятори: CodeVisionAVR і WinAVR (AVR), ICC (AVR, ARM7, Motorola), HiTECH (8051, PIC Microchip) і Keil (8051, ARM). Існує можливість експорту моделей електронних компонентів з програми PSpice [17].

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 7.2 Результати моделювання

Змодельована система мікроконтролера керування приводом ліфта зображена на рисунку 7.1.

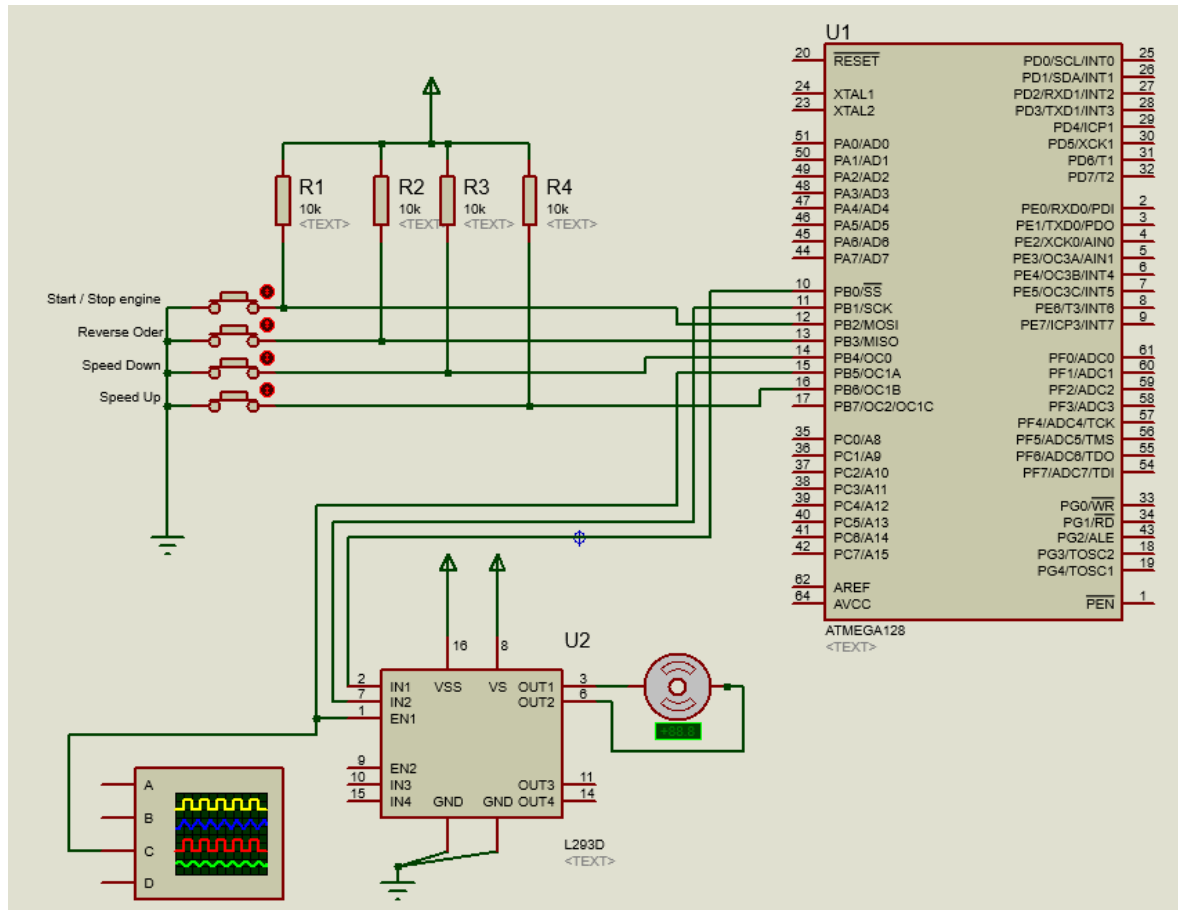


Рисунок 7.1 – Змодельована система мікроконтролера керування приводом ліфта

Оскільки обраний програмний додаток для моделювання не дає можливості зобразити повноцінну взаємодію між іншими мікроконтролерами у системі, було прийняте рішення, щодо керування двигуном за допомогою сигналів від кнопок.

В даному випадку у вихідному стані кнопки керування є нормально замкненими. Відповідно, на обрані лінії порту В мікроконтролера (PB) подаються низькі рівні напруги, тобто логічні нулі. Коли кнопки

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

розмикаються, на входи мікроконтролера подаються високі рівні напруги, тобто логічні одиниці. Перемикання сигналу з логічного нуля у логічну одиницю від обраної кнопки сприймається мікроконтролером як відповідний сигнал керування.

Кнопка Start/Stop engine відповідає за вмикання та вимикання двигуна. Тобто коли двигун вимкнено, то вона його ввімкне. Коли двигун ввімкнений та обертається, то вона його вимкне. Ця кнопка є імітацією сигналу від кабіни ліфта про початок руху, або зупинку.

Кнопка Reverse Order відповідає за зміну напрямку обертання двигуна. Кожне натискання – одна зміна напрямку. Проте необхідно розуміти, що двигун пристрій інерційний, і він не може зупинитися миттєво і одразу почати обертатися в інший бік. Після зміни напрямку програмно, у нього витрачається певний період часу, щоб фізично зупинитись, та почати обертатись в іншу сторону. Ця кнопка є імітацією сигналу від кабіни ліфта про напрям руху кабіни.

Кнопки Speed Up та Speed Down відповідають за збільшення та зменшення швидкості обертання двигуна шляхом поступового зменшення шпаруватості, якщо збільшення швидкості, та збільшення шпаруватості, якщо зменшення швидкості, та, відповідно, збільшення або зменшення постійної еквівалентної напруги імпульсного ШІМ-сигнала до максимуму. Швидкість обертання двигуна змінюється не стрибкоподібно, а поступово, і потребує певного проміжку часу, щоб вийти на новий запрограмований рівень. Ці кнопки є імітацією сигналу від кабіни ліфта, а саме коду поверху від датчика положення після наїзду кабіни на шунт поверху і отримання чотирьохзначного коду поверху. В тому випадку, якщо до поверху призначення залишається велика кількість поверхів, тоді швидкість поступово збільшується, до максимально допустимого, і зменшується при наближенні до поверху призначення.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

З метою перетворення керуючих сигналів малої потужності від мікроконтролера у сигнали, потужність яких достатня для керування двигунами, використовують драйвери двигунів.

В ході аналізу наявних варіантів я обрав мікросхему L293D, що включає одразу два драйвери для керування двома електродвигунами досить великої потужності. Це відбувається через чотири незалежних канали, які об'єднано у дві пари. Мікросхема має дві пари входів для сигналів керування і дві пари виходів для підключення електродвигунів. Крім того, у L293D є два входи для вмикання кожного з драйверів. Ці входи використовуються для керування швидкістю обертання електродвигунів за допомогою широтно-імпульсної модуляції сигналів. Окрім цього, L293D забезпечує розділене живлення для мікросхеми і для керованих нею двигунів, що дозволяє підключати електродвигуни з більшою напругою живлення, ніж у мікросхеми [18]. Розділення живлення мікросхеми і електродвигунів також корисне для зменшення завад, які можуть викликатися стрибками напруги під час роботи двигунів. Загальний вид драйвера наведений на рисунку 7.2 [18].

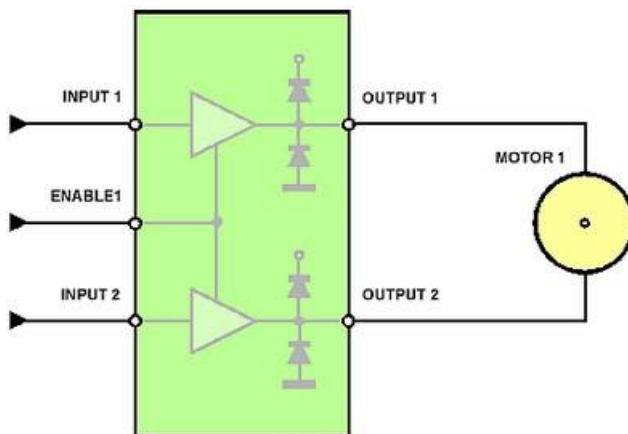


Рисунок 7.2 – Загальний вид драйвера мікросхеми L293D [18]

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Користуючись розрахунками таймера мікроконтролера, які були виконані у розділі 4, розроблюємо програму керування двигуном на мові С, код програми представлений у Додатку А.

Було виконано симуляцію ситуації старту двигуна та зміни його швидкості. Користуючись даними осцилографа для визначення шпаруватості, та даними двигуна про напрям руху були отримані такі результати.

На рисунку 7.3 зображена шпаруватість після запуску двигуна, шпаруватість дорівнює стандартному значенню 2 при якому двигун буде працювати та збільшувати швидкість до певного рівня.

На рисунку 7.4 зображений напрям руху з позначкою плюс, отже двигун обертається по часовій стрілці і розкручує канат лебідки, що і призводить до руху вниз.

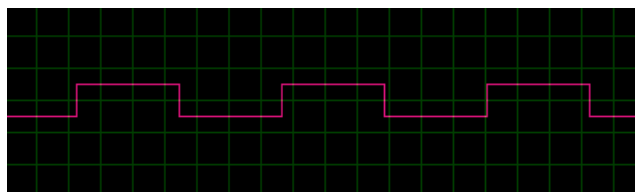


Рисунок 7.3 – Шпаруватість після сигналу запуску двигуна

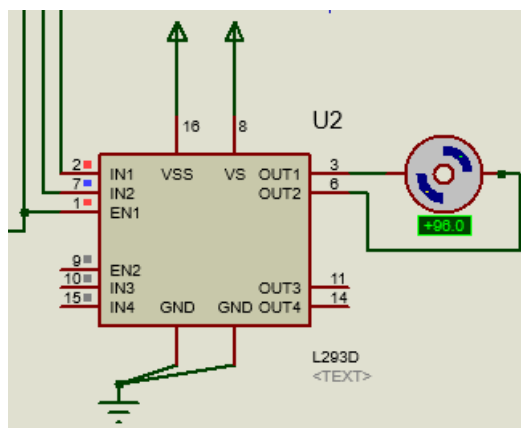


Рисунок 7.4 – Напря́м руху двигуна та його швидкість

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Після отримання сигналу про зменшення швидкості двигуна, на рисунку 7.5 шпаруватість більше 2. На рисунку 7.6 видно, що швидкість руху зменшилась.

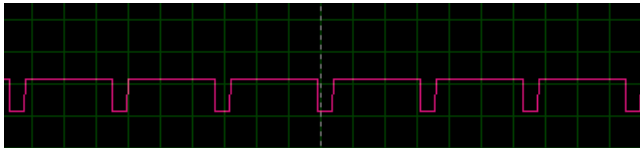


Рисунок 7.5 – Шпаруватість після сигналу зменшення швидкості двигуна

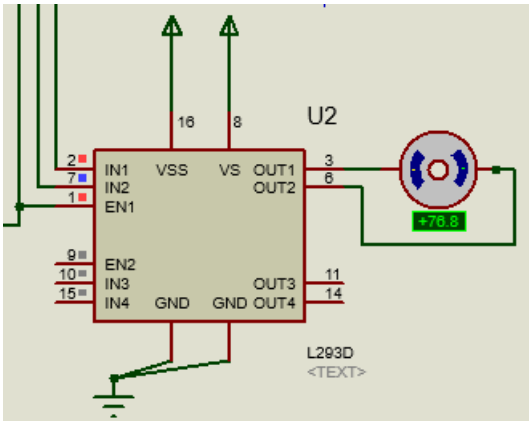


Рисунок 7.6 – Напря́м руху двигуна та його швидкість

Після отримання сигналу про збільшення швидкості двигуна, на рисунку 7.7 видно, що шпаруватість менше 2. На рисунку 7.8 видно, що швидкість руху збільшилась.

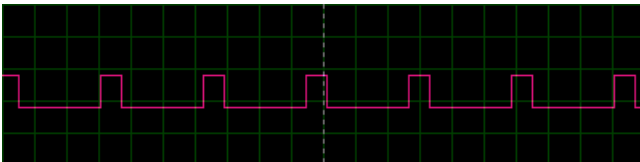


Рисунок 7.7 – Шпаруватість після сигналу збільшення швидкості двигуна

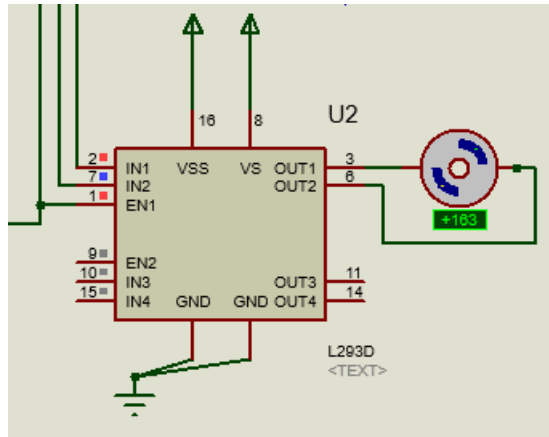


Рисунок 7.8 – Напряг руху двигуна та його швидкість

Після зміни напрямку руху отримуємо результат, що зображений на рисунку 7.9. Шпаруватість в цьому випадку така сама як і при старті двигуна.

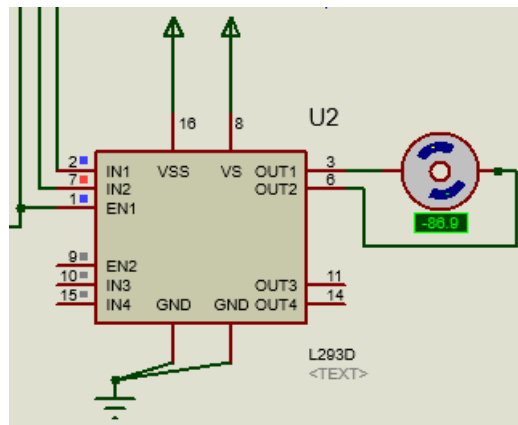


Рисунок 7.9 – Напряг руху двигуна та його швидкість

На рисунку 7.9 зображений напрям руху з позначкою мінус, отже двигун обертається проти часової стрілки і закручує канат лебідки, що і призводить до руху вгору.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проєкту була розроблена система керування ліфтом. З метою поліпшення ефективності та швидкодії системи був вдосконалений принцип взаємозв'язку між усіма мікроконтролерами системи.

Для взаємозв'язку між всіма вузлами системи був застосований інтерфейс RS-485, який є досить поширеним для систем такого типу як керування ліфтом.

В роботі розроблені функціональні та принципова схеми, а також схема алгоритму роботи. Були обрані та описані основні вузли та елементи, виконані необхідні розрахунки.

Було виконане моделювання мікроконтролера керування приводом ліфта за допомогою програмного додатку Proteus.

Результати роботи можуть використовуватися для проектування систем різного призначення, а також для застосування у будинках.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Журнал «Наука и жизнь», Москва, Издательство «Пресса» 1998, 2 выпуск.
2. НТУ «ХП» «Навчальний посібник Ліфти»
3. Архангельский Г.Г. «Современные тенденции совершенствования конструкции лифтового оборудования» стаття в журнале «ПОДЪЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА»
4. Класифікація ліфтів. [Електронний ресурс] URL: [http://promkompleks.kiev.ua/ua/klasifikacija\\_liftiv/](http://promkompleks.kiev.ua/ua/klasifikacija_liftiv/)
5. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи: Ч.2 «Проектування мікропроцесорних систем» А.О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського.
6. Проектування мікропроцесорних систем: Проектування мікропроцесорних систем на базі AVR-мікроконтролерів: Програмування AVR-мікроконтролерів: Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри автоматики та управління у технічних системах / К: НТУУ "КПІ", 2012- 447с.
7. Датчик положення ДП-1М: Техническая документация к датчику оптическому ДП-1М – ООО «ПО Комплекс».
8. Датчик швидкості ДО-2: Техническая документация к датчику оптическому ДО-2 – ООО «ПО Комплекс».
9. Тензодатчик Dini Argeo CPX-C3-500kg. [Електронний ресурс] URL: <https://vis.ua/product/tenzodatchik-dini-argeo-cpx-c3-500kg/>
- 10.СПД-3.5(Обновленный). [Електронний ресурс] URL: [http://arton.com.ua/products/fire\\_detectors/combined\\_heat\\_smoke\\_detectors/spd\\_35\\_v2/](http://arton.com.ua/products/fire_detectors/combined_heat_smoke_detectors/spd_35_v2/)
- 11.Безопасная эксплуатация лифтов - 1975 год, Бродский М. Г., Вишневецкий И. М., Грейман Ю. В. Неопасная эксплуатация лифтов. М., «Недра», 1975. 260 с.

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- 12.ПРИВІД ЛІФТІВ ВІД ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ [Електронний ресурс] URL: <http://budtehnika.pp.ua/3355-privd-lftv-vd-dvigunv-postynogo-strumu.html>
- 13.ЕЛЕКТРОДВИГУН Д 31 (8,0/840). Електромотор постійного струму [Електронний ресурс] URL: <https://ventilator.ua/ua/product/elektrodivigatel-d-31-8-0-840/#description>
- 14.Мікропроцесорні та мікроконтролерні мережі [Електронний ресурс] :  
підручник для студ. спец. 126 «Інформаційні системи та технології»,  
спеціалізації «Інтегровані інформаційні системи» / КПІ ім. Ігоря  
Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12 Мбайт). – Київ : КПІ ім.  
Ігоря Сікорського, 2018. – 349 с.
- 15.Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах. –М.:Энергоатомиздат 1990.–226с.
- 16.K555IB1 (KM555IB1) [Електронний ресурс] URL:  
[http://tec.org.ru/board/k555iv1\\_km555iv1/151-1-0-1678](http://tec.org.ru/board/k555iv1_km555iv1/151-1-0-1678)
- 17.PROTEUS VSM [Електронний ресурс] URL:  
<https://cxem.net/software/proteus.php>
- 18.Драйвер двигателей L239D [Електронний ресурс] URL:  
[https://myrobot.ru/stepbystep/el\\_driver.php](https://myrobot.ru/stepbystep/el_driver.php)

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		